



**University of  
Zurich**<sup>UZH</sup>

**Zurich Open Repository and  
Archive**

University of Zurich  
University Library  
Strickhofstrasse 39  
CH-8057 Zurich  
[www.zora.uzh.ch](http://www.zora.uzh.ch)

---

Year: 2011

---

## **Stabil mobil: komplexe Verkehrssysteme als Herausforderung unserer Gesellschaft: Tagungsband**

Edited by: Dorbritz, Robert ; Hürlimann, Gisela ; Scherler, Fabian ; Weidmann, Ulrich ; Wili, Urs B

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich  
ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-59101>  
Edited Scientific Work

Originally published at:

Stabil mobil: komplexe Verkehrssysteme als Herausforderung unserer Gesellschaft: Tagungsband. Edited by: Dorbritz, Robert; Hürlimann, Gisela; Scherler, Fabian; Weidmann, Ulrich; Wili, Urs B (2011). Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme.

STABIL MOBIL – KOMPLEXE VERKEHRSSYSTEME ALS HERAUSFORDERUNG  
UNSERER GESELLSCHAFT.  
DRITTE INTERNATIONALE UND INTERDISZIPLINÄRE TAGUNG  
IM RAHMEN DER REIHE «GESELLSCHAFT – MOBILITÄT – TECHNIK»  
VON ETH UND UNIVERSITÄT ZÜRICH

# KOMPLEXE VERKEHRSSYSTEME ALS HERAUSFORDERUNG UNSERER GESELLSCHAFT

# STABIL *MOBIL*

SCHRIFTENREIHE 154

INSTITUT FÜR VERKEHRSPPLANUNG  
UND TRANSPORTSYSTEME (IVT)

INSTITUTE FOR TRANSPORT PLANNING  
AND SYSTEMS

ETH ZÜRICH

FORSCHUNGSSTELLE FÜR SOZIAL-  
UND WIRTSCHAFTSGESCHICHTE

RESEARCH CENTRE FOR SOCIAL AND  
ECONOMIC HISTORY

UNIVERSITÄT ZÜRICH



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

NOVEMBER 2011

---

# HERZLICHEN DANK FÜR DIE UNTERSTÜTZUNG

**BOMBARDIER**

**Furrer + Frey**<sup>®</sup>  
baut Fahrleitungen

GEROLD UND NIKLAUS SCHNITTER-FONDS FÜR  
TECHNIKGESCHICHTE AN DER ETH ZÜRICH



SCHWEIZERISCHER NATIONALFONDS  
ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTLICHEN FORSCHUNG

**SIEMENS**

---

---

# TAGUNGSBAND

Dritte internationale und interdisziplinäre Tagung  
im Rahmen der Reihe «Mobilität – Gesellschaft – Technik»  
von ETH und Universität Zürich

## KOMPLEXE VERKEHRSSYSTEME ALS HERAUSFORDERUNG UNSERER GESELLSCHAFT

# STABIL *MOBIL*

23. Juni 2011

ETH Zürich, Campus Science City (Hönggerberg), Hörsaal HCI J 7, Zürich.

Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)  
Lehrstuhl für Verkehrssysteme  
ETH Zürich  
Wolfgang-Pauli-Strasse 15  
CH – 8093 Zürich  
Telefon: +41 44 633 30 99  
Telefax: +41 44 633 10 57

Forschungsstelle für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte  
Universität Zürich  
Rämistrasse 64  
CH – 8001 Zürich  
Telefon: +41 44 634 36 41  
Telefax: + 41 44 634 49 88

Furrer+Frey AG  
Thunstrasse 35  
Postfach  
CH – 3000 Bern 6  
Telefon: +41 31 357 61 11  
Telefax: +41 31 357 61 00

Herausgeberschaft und Gesamtverantwortung:  
Robert Dorbritz, Fabian Scherler, Gisela Hürlimann, Ulrich Weidmann, Urs B. Wili

Gestaltung:  
André Meier und Franziska Kolb, [www.meierkolb.ch](http://www.meierkolb.ch)

ISBN: 978-3-905826-18-0

Zitiervorschlag  
Stabil mobil (2011) Tagungsband, Schriftenreihe 154, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich und Forschungsstelle für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte (FSW), Universität Zürich, Zürich, 2011.

November 2011

---

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>VORWORT UND ÜBERSICHT</b>	<b>6</b>
1.1	Vorwort	07
1.2	Tagungsablauf	08
1.3	Organisation und Tagungsverantwortung	09
1.4	Dank	09
<b>2</b>	<b>TAGUNGSERÖFFNUNG UND EINLEITUNG</b>	<b>12</b>
2.1	Stabil mobil – eine Einleitung und Einladung	13
<b>3</b>	<b>SITUATION – GESCHICHTE UND KENNZEICHEN KOMPLEXER SYSTEME</b>	<b>18</b>
3.1	Komplexität und Stabilität von Verkehrssystemen im gestörten und ungestörten Betriebszustand	19
3.2	Die Entwicklung von grosstechnischen Systemen zwischen technischer Innovation und Politik	29
3.3	Sammeln, sortieren, verteilen – Organisation und Automatisierung am Beispiel Rangierbahnhof	34
<b>4</b>	<b>REFLEXION – DER ÖFFENTLICHE VERKEHR ZWISCHEN KOMPLEXITÄT UND KOLLAPS</b>	<b>42</b>
4.1	Moderation	43
4.2	Warten oder nicht warten? – Kundenorientiertes Verspätungsmanagement und dessen Komplexität	44
4.3	Anschluss verpasst? – Hat der Taktfahrplan eine Zukunft?	49
4.4	Lässt sich der Verkehr steuern oder macht er was er will?	58
<b>5</b>	<b>AKTION – DER ÖFFENTLICHE VERKEHR DER ZUKUNFT</b>	<b>68</b>
5.1	Moderation	69
5.2	Post per Bahn: Einfaches Bedürfnis – komplexe Abwicklung	70
5.3	(Keine) Grenzen der Technik?	73
5.4	Leitzentrale oder Selbstorganisation – Was kann der Schienenverkehr vom Strassenverkehr lernen und umgekehrt?	77
<b>6</b>	<b>KOMPLEXE VERKEHRSSYSTEME ALS HERAUSFORDERUNG UNSERER GESELLSCHAFT – VIDEO-INPUT, KOMMENTARE, DISKUSSION</b>	<b>82</b>
6.1	Diskussionsrunde	83
6.2	Transkription der Diskussion	84
<b>7</b>	<b>TAGUNGSABSCHLUSS</b>	<b>96</b>
	Schlusswort	97
<b>8</b>	<b>LISTE DER TEILNEHMENDEN</b>	<b>100</b>
8.1	Mitwirkende und Organisationsteam	101
8.2	Teilnehmerinnen und Teilnehmer	102

---

# 1

1

1

---

---

# 1 VORWORT UND ÜBERSICHT


# 1.1 VORWORT

Sind aller guten Dinge drei? Gewiss ist: Aus einer anfänglich spontanen interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen einer Historikerin und einem Verkehrswissenschaftler, die 2007 in eine Konferenz mündete («Mit Tempo in die Zukunft?»), wurde inzwischen eine veritable, bislang dreiteilige Konferenzreihe unter dem Titel «Gesellschaft – Mobilität – Technik» und einer eigenen Website ([www.verkehrskultur.ch](http://www.verkehrskultur.ch)).<sup>1</sup> Im Juni 2011 drang unsere dritte Tagung zum Kern des Verkehrssystems selbst vor und fragte, wie die Stabilität in Verkehrsnetzen bei wachsendem Verkehrsvolumen aufrechterhalten werden kann. Rund 130 Interessierte aus verschiedenen akademischen Disziplinen, professionellen Bereichen und Branchen folgten unserer Einladung und nahmen an dieser Konferenz teil.

Die vier Tagungsblöcke folgten einer chronologischen wie auch inhaltlichen Logik: Im ersten Tagungsteil «Situation» behandelten ein Verkehrswissenschaftler (Robert Dorbritz), eine Soziologin (Renate Mayntz) und ein Historiker (Kilian T. Elsasser) Kennzeichen und Geschichte komplexer Systeme. Mit «Reflexion» war der zweite, der Vertiefung in der Gegenwart gewidmete Tagungsblock überschrieben. Wachsende Nachfrage im öffentlichen Verkehr erhöht die Komplexität – muss dies zum Kollaps führen? Antworten auf diese und andere Fragen gaben eine Mathematikerin (Anita Schöbel), der Inhaber eines Verkehrsplanungsbüros (Werner Stohler) und ein Vertreter der öffentlichen Strassenverwaltung (Joos Bernhard). Im dritten Tagungsteil unter dem Titel «Aktion» wurden Lösungen für den öffentlichen Verkehr in Gegenwart und Zukunft erörtert. Denn Politik, Gesellschaft und Verkehrsbetreiber vertrauen darauf, dass die Technik (fast) grenzenlose Möglichkeiten für die Bewältigung des zukünftigen Verkehrs bietet. Zur Frag, ob dem so sein kann, kamen ein Logistiker und Vertreter des Postverkehrs (Thomas J. Ernst), ein Ingenieur und Vertreter eines Transporttechnikunternehmens (Matthias Handschin) und ein Verkehrswissenschaftler (Fritz Busch) zu Wort.

Nach dieser dreiteiligen Auslegeordnung folgte im vierten Tagungsteil eine Synthese in einer Diskussionsrunde, welche von einem Physiker und Vertreter der SBB als grösster schweizerischer Verkehrsunternehmung (Gian-Mattia Schucan) moderiert wurde. Sie stand unter dem Motto: Welche Verkehrssysteme für welche gesellschaftlichen Anforderungen? Videoinputs regten sowohl die Diskutierenden auf dem Podium – Renate Mayntz, Anita Schöbel, Joos Bernhard und Fritz Busch – wie auch das Plenum zur Auseinandersetzung mit vergangenen und zukünftigen Utopien an. Dabei wurden aus dem Publikum auch kritische Stimmen laut, die ein Innehalten gegenüber einer stetigen Ausweitung, Verflüssigung und Beschleunigung von Mobilität forderten. Die Soziologin Renate Mayntz nahm diese Kommentare auf, um insbesondere auch auf die politische und ökonomische Erwünschtheit von und Nachfrage nach bestimmten grosstechnischen Systemen hinzuweisen. Und der Verkehrswissenschaftler und Ingenieur Fritz Busch fragte selbstkritisch, welche Rolle eigentlich die eigene Zunft beim goldenen Tanz um die Mobilität spielte: Die «Ingenieure, die gar nicht danach fragen, ob da ein grosser Bedarf ist, die einfach ausreizen, was sie können.»

Mit diesem nachdenklichen Zitat, das Sie in der Transkription der Schlussdiskussion in diesem Band nachlesen können und das auf die gesellschaftliche Relevanz von Mobilität und technischem Handeln verweist, überreichen wir Ihnen diese Publikation und wünschen Ihnen eine anregende Lektüre.



Robert Dorbritz

Gisela Hürlimann

Ulrich Weidmann

Urs B. Wili

<sup>1</sup> Vgl. den Tagungsband «Die Revolution der Automation», hrsg. von IVT und FSW, ETH Zürich, November 2009 (IVT-Schriftenreihe 146). Zur Tagung 2007 siehe: [http://www.verkehrskultur.ch/event\\_2007.htm](http://www.verkehrskultur.ch/event_2007.htm)



# 1.2 TAGUNGSABLAUF

- 09.00 TAGUNGSERÖFFNUNG UND TAGUNGSINPUT  
Gisela Hürlimann, Historikerin, Universität Zürich

## **SITUATION – GESCHICHTE UND KENNZEICHEN KOMPLEXER SYSTEME**

Moderation: Gisela Hürlimann, Historikerin, Universität Zürich

- 09.15 KOMPLEXITÄT UND STABILITÄT VON VERKEHRSSYSTEMEN IM  
GESTÖRTEN UND UNGESTÖRTEN BETRIEBZUSTAND  
Robert Dorbritz, Verkehrswissenschaftler, ETH Zürich
- 09.45 DIE ENTWICKLUNG VON GROSSTECHNISCHEN SYSTEMEN  
ZWISCHEN TECHNISCHER INNOVATION UND POLITIK  
Renate Mayntz, Soziologin, Max-Planck-Institut für Gesellschafts-  
forschung, Köln
- 10.15 SAMMELN, SORTIEREN, VERTEILEN – ORGANISATION UND  
AUTOMATISIERUNG AM BEISPIEL RANGIERBAHNHOF  
Kilian T. Elsasser, Historiker und Museologe, Museumsfabrik Luzern

## **REFLEXION – DER ÖFFENTLICHE VERKEHR ZWISCHEN KOMPLEXITÄT UND KOLLAPS**

Moderation: Ulrich Weidmann, Verkehrswissenschaftler, ETH Zürich

- 11.10 WARTEN ODER NICHT WARTEN? – KUNDEN-ORIENTIERTES  
VERSÄTUNGSMANAGEMENT UND DESSEN KOMPLEXITÄT  
Anita Schöbel, Mathematikerin, Georg-August-Universität Göttingen
- 11.30 ANSCHLUSS VERPASST? – HAT DER TAKTFAHRPLAN EINE ZUKUNFT?  
Werner Stohler, SMA und Partner AG, Zürich
- 12.00 LÄSST SICH DER VERKEHR STEuern ODER MACHT ER  
WAS ER WILL?  
Joos Bernhard, Leiter Regelung + Entwicklung, Dienstabteilung  
Verkehr der Stadt Zürich

## **AKTION – DER ÖFFENTLICHE VERKEHR DER ZUKUNFT**

Moderation: Urs B. Wili, Ingenieur, Furrer+Frey AG, Bern

- 14.00 POST PER BAHN: EINFACHES BEDÜRFNIS – KOMPLEXE  
ABWICKLUNG  
Thomas J. Ernst, Leiter Systemtransporte, PostLogistics, Härkingen
- 14.30 (KEINE) GRENZEN DER TECHNIK?  
Matthias Handschin, Managing Director ALSTOM Transport (Schweiz) AG
- 15.00 LEITZENTRALE ODER SELBSTORGANISATION – WAS KANN DER  
SCHIENENVERKEHR VOM STRASSENVERKEHR LERNEN UND  
UMGEKEHRT?  
Fritz Busch, Verkehrswissenschaftler, Technische Universität München

## **KOMPLEXE VERKEHRSSYSTEME ALS HERAUSFORDERUNG UNSERER GESELL- SCHAFT – VIDEO-INPUTS, KOMMENTARE, DISKUSSION**

Moderation: Gian-Mattia Schucan, SBB Personenverkehr, Bern

- 16.00 DISKUSSIONSRUNDE  
Mit Renate Mayntz, Anita Schöbel, Joos Bernhard, Fritz Busch und  
dem Publikum
- 17.15 ABSCHLUSS DER TAGUNG  
Urs B. Wili, Ingenieur, Furrer+Frey AG, Bern

# 1.3 ORGANISATION UND TAGUNGSVERANTWORTUNG

## *TRÄGERSCHAFT UND DURCHFÜHRUNG*

Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) der ETH Zürich:

Prof. Dr. Ulrich Weidmann  
Dipl.-Math. oec. Robert Dorbritz  
BSc Fabian Scherler

Forschungsstelle für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte (FSW) der Universität Zürich:

Dr. phil. Gisela Hürlimann  
Furrer+Frey AG:  
Dipl. El.-Ing. Urs B. Wili

Veranstaltungsort

ETH Zürich, Campus Science City (Hönggerberg), Hörsaal HCI J 7, Zürich

## 1.4 DANK

Wir danken allen Beteiligten, die mit ihrem Engagement diese Tagung möglich gemacht haben, insbesondere

- den Referentinnen und Referenten, den Moderierenden und den Teilnehmenden der Diskussionsrunde
  - den Mitarbeitenden des Instituts für Verkehrssysteme und Transportplanung (IVT) der ETH Zürich am Lehrstuhl für Verkehrssysteme von Ulrich Weidmann
  - André Meier und Franziska Kolb
  - Heinz Saurer und dem Team des HCI-Hausdiensts
  - Philippe André Koch von der Abteilung ID-Multimedia Services der ETH Zürich
  - Joaquina Fatima Chiogna und dem Team des SV-Service
  - dem interkulturellen Catering-Team von [www.esskulturen.ch](http://www.esskulturen.ch)
  - allen Helferinnen und Helfern
  - und selbstverständlich allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern sowie allen Sponsoren
-

---

# 2

---

## 2 TAGUNGSERÖFFNUNG UND EINLEITUNG

## 2.1 STABIL MOBIL – EINE EINLEITUNG UND EINLADUNG

**GISELA HÜRLIMANN**

Als Rösli Urmi aus Dachlissen ein Kind war, gab es in ihrem Dorf im Knonauer Amt gerade einmal drei Autobesitzer: den Hausarzt, den Viehdoktor und den Schnapsbrenner. Heute ist Rösli Urmi 88 und erlebt als Anwohnerin der A4 durchs Knonauer Amt, wie täglich 47'000 Fahrzeuge an ihr vorbeibrausen. Das, meine sehr geehrten Damen und Herren, ist eine ganz konkrete, lebens-weltliche Erfahrung mit der Mobilitätsexplosion als Motorisierungsrevolution des 20. Jahrhunderts. Die zunehmende Mobilität erleben wir aber auch im öffentlichen Verkehr: Kürzlich wartete das grösste Verkehrsunternehmen der Schweiz mit einer Rekordzahl auf: Im Jahr 2010 transportierten die Schweizerischen Bundesbahnen täglich 951'000 Passagiere. Das sind 6 Prozent mehr als 2009. Wenn wir die Entwicklung der letzten 10 Jahre betrachten, dann stellen wir eine signifikante Zunahme fest: 2010 verzeichneten die SBB 951'000 Reisende (Personenverkehrsaufkommen) und 48 Millionen Personenkilometer (Personenverkehrsleistung) pro Tag. Gleichzeitig ist in keinem anderen Land die Zugdichte (Anzahl Reise- und Güterzüge zusammen pro Tag/Strecke) so hoch wie in der Schweiz.<sup>2</sup> Was heisst das nun für die Bedeutung öffentlicher Verkehrsnetze? Heute sind wir – je nachdem, ob wir uns auf die Anzahl mobiler Personen oder auf ihre Kilometer beziehen – bei einem Modal-Split-Anteil der Bahnen von etwas über 13 bzw. über 17 Prozent angelangt. Nehmen wir noch den Tram- und den öffentlichen Busverkehr dazu, dann haben wir einen Modal-Split-Anteil bei den Reisenden von knapp einem Viertel.<sup>3</sup>

Aus historischer Sicht ist der öffentliche Verkehr der Verlierer der Verkehrszunahme im 20. Jahrhundert. 1950 hatten die Bahnen inklusive Trams einen Verkehrsanteil von 52 Prozent bei den Reisenden. Danach ging es in demselben Mass abwärts, in welchem der Autoverkehr auch in der Schweiz seinen Take Off erlebte (vgl. Abbildung 1). Erst in den 1980er-Jahren und schliesslich nach 2000 kam es zur Trendwende – angetrieben durch Ausbauoffensiven wie Bahn 2000 und NEAT, aber auch mit dem Taktfahrplan.

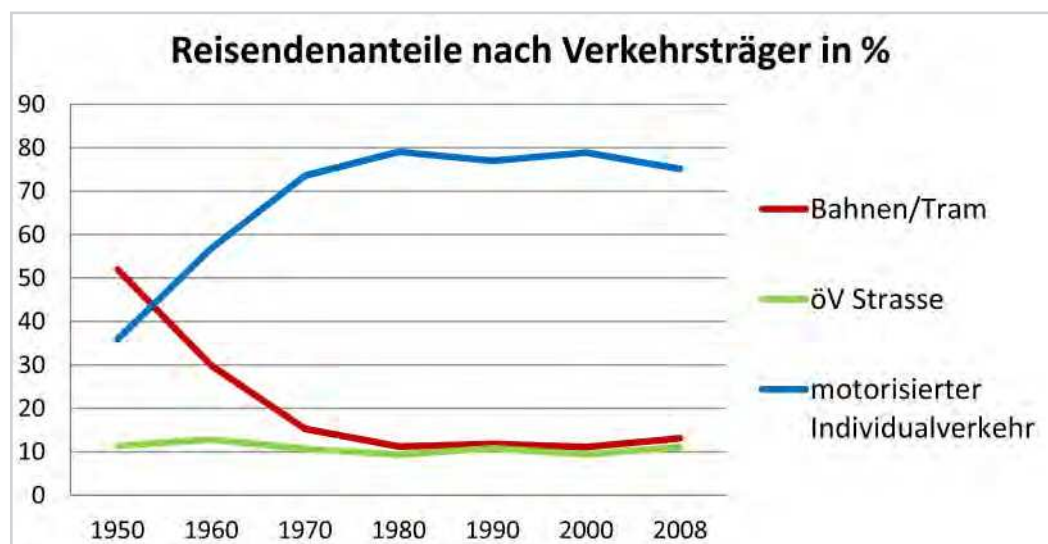


Abbildung 1: Datenquelle: Litra / eigene Darstellung

In letzter Zeit erleben wir im Kontext von Bevölkerungszunahme und prosperierender Wirtschaft ein starkes Mobilitätswachstum auf der Strasse, in der Luft und auf der Schiene: Die Bahnen transportieren heute doppelt so viele Reisende wie 1950: über eine Milliarde pro Jahr. Der öffentliche Verkehr findet aber auch auf der Strasse – auf Tramschienen oder mittels Bussen – statt: Der öffentliche Strassenverkehr transportiert jährlich gar 1.3 Milliarden Reisende, wie die Kollegen hier an der ETH

<sup>2</sup> Auf den Vortragsfolien wurde die Grafik mit der durchschnittlichen Anzahl Züge pro Strecke und Tag der internationalen Bahnen aus dem SBB-Geschäftsbericht 2010 gezeigt.

<sup>3</sup> In den Vortragsfolien wurden die Grafiken: Anzahl Reisende pro Verkehrsträger 2008 in Prozent des Gesamtverkehrs/Pkm pro Verkehrsträger 2008 in Prozent des Gesamtverkehrs der Litra-Statistiken von 2010 gezeigt.

berechnet haben. Mobil sind auch die Güter: Seit 1960 haben die Leistungen im Güterverkehr um 320 Prozent zugenommen. Im Personenverkehr haben wir es mit einer knappen Verdreifachung zu tun. Und bis 2030 rechnet der Bundesrat mit einer Zunahme um weitere 60 Prozent.

Solche Fakten bilden die Ausgangslage für unsere heutige, dritte Konferenz in der Reihe «Gesellschaft – Mobilität – Technik», zu der ich Sie hiermit herzlich begrüße. Diese Symposiensreihe ist nicht nur international besetzt. Sie ist auch interdisziplinär. Das zeigt ein Blick auf die Liste der Referierenden. Aber auch ein Blick zu Ihrem Gegenüber, bringen doch Sie als Teilnehmende unterschiedliche disziplinäre Bildungs- und professionelle Profile mit. Was uns alle einigt, ist das Interesse, mehr über den Zusammenhang aktueller verkehrspolitischer Herausforderungen im Kontext technischer und sozialer Bedingtheiten zu erfahren. Im Jahr 2006 haben wir – Ulrich Weidmann vom IVT und ich – uns aufs Unternehmen «konkrete Interdisziplinarität» eingelassen. Unterstützung erhielten wir von Seiten der Forschungsstelle für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte der Universität Zürich wie auch vom Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme der ETH Zürich und von der ETH-Professur für Technikgeschichte. Zwischen 2007 und heute fand diese Tagungsreihe in wechselnder Besetzung statt: Seit 2008 ist Robert Dorbritz vom IVT dabei. Und im Hinblick auf diese dritte Tagung konnten wir Urs Wili, der einst an der ETH studiert hat, für das Tagungsteam gewinnen. Er erweitert unseren Horizont um den Standpunkt der Industrie und wird den dritten Tagungsblock moderieren.

«Mit Tempo in die Zukunft?» fragten wir im Juni 2007 und befassten uns mit der Geschwindigkeit vor allem – aber nicht nur – des Bahnverkehrs; ein Thema, das angesichts der zunehmenden Kapazitätsengpässe wieder aktuell geworden ist. Hochgeschwindigkeit in Verkehrsnetzen ist aber auch untrennbar mit Prozessen der automatischen Sicherung und Steuerung verbunden. Und so diskutierten wir im Juni 2009 über «Die Revolution der Automation». Raubvogelartig kreisten wir schon damals um jenes Thema, das heute im Zentrum steht: Wie komplex können oder müssen Verkehrssysteme sein, um den Herausforderungen moderner, komplexer Gesellschaften zu entsprechen? Von Gesellschaften also, deren herausragendes Kennzeichen eine hohe Mobilität ist? Dazu einige theoretisch-konzeptuelle Überlegungen und Thesen. Prämissen 1 lautet: Eine hohe Mobilität bedarf der Stabilität der Verkehrsnetze. Sonst kommt es zum Kollaps und damit zum Stillstand. Prämissen 2 heisst: Stabilität ist nicht nur die Voraussetzung für das gegenwärtige Funktionieren. Sondern Stabilität schafft auch die Bedingung dafür, dass etwas variiert werden kann – also für eine Erweiterung und Veränderung in der Zukunft. Denn: «Alle erkennbare Ordnung beruht auf einer Komplexität, die sichtbar werden lässt, dass auch anderes möglich wäre,» wie einst der Soziologe Niklas Luhmann schrieb.<sup>4</sup> In einem komplexen System findet nicht nur die Aktualität statt. Darin angelegt ist auch die Potenzialität. Der Terminus «Komplexität» geht auf die lateinischen Wörter «plectere», flechten, und «complexio», Verschlingung, Verknüpfung, Verbundenheit zurück. Damit wird «Komplexität» zu einem relationalen Begriff, in dem es um die Beziehungen und Interaktionen von und zwischen Strukturen, Akteuren und Handlungen geht – etwa innerhalb eines Verkehrssystems. Folgen wir der Systemtheorie, dann geht es zudem stets darum, dass drohendes Chaos, dass Störungen und Ungleichgewicht restabilisiert werden – wozu sowohl gesellschaftlich wie transporttechnisch zuweilen Revolutionen gefragt sind.

Sowohl für die Historikerin wie für den Verkehringenieur sind Raum und Zeit zwei zentrale Dimensionen, entlang welcher komplexe Systeme – seien es menschliche Gesellschaften oder Verkehrsnetze – sich organisieren. Und in beiden Fällen suchen wir nach Massnahmen zur Komplexitätsreduktion, um unser Material zu «bewältigen». Das ist nicht zu verwechseln mit Vereinfachung! Die Organisation moderner Verkehrssysteme in spätindustriellen, tertiarisierten und heterogenen High-Tech-Gesellschaften ist vielmehr ein komplexes Unternehmen an sich: der Entscheid zur Automatisierung des Rangierverkehrs setzt immense Rechner- und Kommunikationsleistungen voraus. Ebenso ein kundenorientiertes Verspätungsmanagement oder die konkurrenzfähige Abwicklung des Postverkehrs per Bahn. Und damit sind wir bereits beim Programm der heutigen Tagung angelangt, die einem Stück in vier Akten gleicht: «Situation», so der Titel des ersten Akts, handelt von der «Geschichte und den grundsätzlichen Kennzeichen komplexer Systeme». Der zweite Akt widmet sich der «Reflexion» über die Gegenwart des öffentlichen Verkehrs zwischen Komplexität und Kollaps. Nach dem Mittagessen folgt Akt drei unter dem Titel der «Aktion» mit der Fragestellung: Welcher Handlungen und Weichenstellungen bedarf der öffentliche Verkehr der Zukunft? Und schliesslich versammeln wir Protagonistinnen und Protagonisten aus allen drei Sessionen zum Schlussakt in einer Podiumsdiskussion mit Videoinputs. Sie haben nach jedem Referat die Möglichkeit für eine kurze Frage- und Diskussionsrunde und sollen sich auch in die Schlussdiskussion einbringen. Nutzen Sie auch die Möglichkeiten zum

---

<sup>4</sup> Niklas Luhmann, *Die Gesellschaft der Gesellschaft*, Frankfurt am Main 1998, Bd. 1, S. 137.

Austausch in den Kaffeepausen, während des Lunches und beim Schlussapéro. Und falls Sie Ihre heutigen Erkenntnisse «twittern» möchten, können Sie das dank des freien WLANs-Zugangs gerne tun. Damit möchte ich nun diese Ouvertüre beschliessen und zum ersten Akt überleiten.<sup>5</sup>



Gisela Hürlimann studierte Geschichte an der Universität Zürich und promovierte 2006 mit: «Die Eisenbahn der Zukunft: Automatisierung, Schnellverkehr und Modernisierung bei den SBB 1955 bis 2005.» Ihre Forschungsschwerpunkte sind Sozial- und Wirtschaftsgeschichte, Technik- und Unternehmensgeschichte, Migration und Psychiatriegeschichte (Förderpreis 2004 der Deutschen Gesellschaft für die Geschichte der Technik, Medizin und Naturwissenschaften für den Bericht zu «Zwangsmassnahmen in der Zürcher Psychiatrie, 1870-1970»). Sie lehrt an der Universität Zürich Sozial- und Wirtschaftsgeschichte und forscht zurzeit zur Geschichte der Steuer- und Umverteilungspolitik.

---

Gisela Hürlimann, Historikerin  
Universität Zürich, ghuerlimann@fsw.uzh.ch

---

<sup>5</sup> An dieser Stelle folgte in der Tagung die Vorstellung der Referierenden.

---

---

# 3



---

# 3 SITUATION – GESCHICHTE UND KENNZEICHEN KOMPLEXER SYSTEME

# 3.1 KOMPLEXITÄT UND STABILITÄT VON VERKEHRSSYSTEMEN IM GESTORTEN UND UNGESTORTEN BETRIEBSZUSTAND

**ROBERT DORBRITZ**

Als erster Vortrag des ersten Themenblocks soll dieses Referat eine Einleitung in die Tagungsthematik geben und eine grundlegende Betrachtungsweise zur Stabilität von Verkehrssystemen vermitteln. Die Ausführungen unterteilen sich daher in folgende Themenblöcke, welche die Konzeption des Tagungsprogramms widerspiegeln:

- Einleitung und Hintergrund,
- Stabil mobil – Was bedeutet stabile Mobilität? Wie misst man diese?
- Komplexe Verkehrssysteme – Was macht Verkehrssysteme eigentlich so komplex?
- Herausforderung – Was sind konkrete Herausforderungen für die Verkehrssysteme vor dem Hintergrund der Systemkomplexität?

## ***EINLEITUNG UND HINTERGRUND***

Die Fragestellung nach der Stabilität komplexer Systeme ist derzeit sehr präsent in der Wahrnehmung vieler Menschen: Gegenwärtig wird viel von der Stabilität von Währungssystemen, sozialer oder politischer Systeme und der Systemstabilität von Rechner- und Kommunikationsnetzen gesprochen. Auch zahlreiche wissenschaftliche Forschungsrichtungen widmen sich der Frage der Stabilität komplexer Systeme. Aus wissenschaftlicher Sicht handelt sich um ein interdisziplinäres Forschungsfeld, in welchem beispielsweise die Fachrichtungen Informatik, Soziologie, Geschichte, Mathematik, Chemie, Psychologie, Politik, Biologie, Medizin und viele weitere Forschung zur Stabilität der jeweils zu erforschenden Systeme betreiben. Der Tagungstitel «Stabil mobil – Komplexe Verkehrssysteme als Herausforderung unserer Gesellschaft» adressiert also eine sehr aktuelle interdisziplinäre Thematik, welche sowohl im Interessenfokus von Wissenschaft, Gesellschaft aber auch der Medien und weiterer Gruppen steht.

In den nachfolgenden Ausführungen fliessen vor allem Überlegungen und Ergebnisse meines am Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) der ETH Zürich durchgeführten Dissertationsvorhabens ein, welches vom schweizerischen Nationalfonds (SNF) gefördert wird. Die Arbeiten starteten im Jahre 2008 und sollen Ende 2011 abgeschlossen werden. Dissertationsleiter ist Professor Dr. Ulrich Weidmann vom Lehrstuhl für Verkehrssysteme am IVT. Das Korreferat haben Prof. Dr. Martin Haag (bis 2010 Professor am Institut für Mobilität und Verkehr an der Technischen Universität Kaiserslautern, heute Bürgermeister für Bau und Verkehr in Freiburg im Breisgau) und Prof. Dr. Anita Schöbel (Mathematikerin am Institut für Numerische und Angewandte Mathematik (NAM) der Georg-August-Universität Göttingen) übernommen.

## ***STABIL MOBIL***

Bei der Analyse der Systemstabilität von Verkehrssystemen gehe ich in meinen Untersuchungen davon aus, dass verschiedene soziale, technische oder Naturgefahren existieren, die das System und damit den Verkehrsbetrieb so stark stören können, dass einzelne Haltestellen oder ganze Netzteile nicht mehr bedient werden können. Kleinere Fahrplanabweichungen und Taktinstabilitäten werden hingegen in den Untersuchungen nicht betrachtet, obwohl auch diese – je nach Standpunkt und Betrachtungsweise – den Betrieb öffentlicher Verkehrssysteme destabilisieren können. Schwere Störereignisse (wie beispielsweise ein durch einen Unfall blockierter Streckenabschnitt oder ein bestreikter Bahnhof) führen zunächst zum Ausfall der unmittelbar betroffenen Stationen und Streckenabschnitte. In der Folge können aber zusätzlich oft weitere Dominoeffekte beobachtet werden: Störungen breiten sich aus, sodass auch ursprünglich nicht unmittelbar von einer Störung betroffene Netzelemente möglicherweise ausfallen. Oftmals sind die durch Kaskadeneffekte beobachteten Systembeeinträchtigungen grösser als die Auswirkungen des ursprünglichen Initialereignisses. In der Folge kann der Betrieb öffentlicher Verkehrssysteme so stark eingeschränkt werden, dass – falls überhaupt noch möglich – grosse Dispositionseingriffe nötig werden und gegebenenfalls Notfallfahrpläne etabliert werden müssen.

Die Ziele der Forschungsarbeit umfassen die Messung der topologischen und vor allem der betrieblichen Auswirkungen von Störungen auf geplante Verkehre. Die Folgen von Systemstörungen der modellierten Teilsysteme sollen abgeschätzt, sowie mögliche Netzzustände im reduzierten Betrieb berechnet und visualisiert werden: Beispielsweise soll für den Störfall bestimmt werden, welche Stationen noch bedient werden können und ob es möglich ist, Störungen lokal oder regional zu umfahren oder ob allenfalls Linien vorzeitig an geeigneten Wendepunkten gestoppt werden müssen. Dies hat unmittelbare Auswirkungen auf die Anzahl eingesetzter Fahrzeuge, die zurückgelegten Streckenkilometer oder die mittlere Anzahl an Umsteigevorgängen im Transportnetz. Neben der Beurteilung der Stabilität und dem Vergleich verschiedener Störungen stehen vor allem solche Massnahmen im Vordergrund, welche geeignet sind, die Systemstabilität vor dem Eintreten eines Störereignisses so zu erhöhen, dass die unmittelbaren Auswirkungen des Initialereignisses einerseits aber auch der Kaskadeneffekte andererseits reduziert werden.

Bei der Untersuchung der Systemstabilitäten im Allgemeinen geht man also stets von einem im strengen Sinne «hypothetischen» Gleichgewichtszustand aus: Einzelne Kurse geplanter Verkehre folgen einander nie exakt im zugrunde gelegten Fahrplankontakt. Dies könnte allenfalls bei voll-automatisierten Bahnen der Fall sein. Bei der Frage der Stabilität irgendeines Systems wird also zunächst untersucht und beobachtet, wie das System auf gegenüber der Planung (geringsten) Veränderungen der Rahmenbedingung und der Systemumwelt reagiert. Bereits erwähnt wurde, dass im Dissertationsvorhaben schwere Störungen analysiert werden und kleinere Fahrplanabweichungen nicht betrachtet werden. Die Abgrenzung erfolgt dabei über die Tatsache, ob umfassende Eingriffe (für den Notbetrieb) nötig sind, sich das System aufgrund eingeplanter Puffer eigenständig stabilisiert oder ob es mit Hilfe kleinerer Dispositionsmassnahmen (beispielsweise vorzeitiges Wenden eines einzelnen Kurses) in den Normalbetrieb zurückgeführt werden kann.

Eine hohe Betriebsstabilität öffentlicher Transportnetze ist dabei im Interesse von Kunden, Betreibern und Lieferanten: Die Kunden sind vor allem an einer hohen Verkehrsqualität interessiert, welche u.a. anhand verschiedener betrieblicher Kriterien wie beispielsweise der Pünktlichkeit beurteilt wird (auch Komfortkriterien, Sicherheitskriterien etc.). Aus Betreibersicht ist ein Verkehrssystem nur dann leistungsfähig (und damit attraktiv), wenn es stabil betrieben werden kann: Instabilitäten und Unzuverlässigkeit mindern nicht nur die Leistungsfähigkeit, sondern verbrauchen auch zahlreiche betriebliche und finanzielle Ressourcen und verärgern die Kunden. Lieferanten können es sich ebenfalls nicht leisten, dass ihre Produkte und Dienstleistungen unzuverlässig arbeiten, da beispielsweise der Ausfall von Ampelanlagen neben der Gefährdung von Verkehrsteilnehmern auch hohe volks- oder betriebswirtschaftliche Kosten verursachen kann.

Massnahmen zur Erhöhung der Systemstabilität wie beispielsweise Redundanzen sind möglichst in der Planungs- und Konzeptionsphase zu berücksichtigen: Zeitliche Puffer beispielsweise können die Auswirkungen geringer Fahrplanabweichungen mindern. Auch redundante Verbindungen zwischen zwei Stationen können die Auswirkung einer Störung reduzieren: Fällt bei einer Doppelspur ein Gleis aus, so ist das andere ggf. noch befahrbar. Gibt es sogar eine alternative Route zwischen zwei Netzelementen, so könnte diese im Störfall benutzt werden. Auf diese Punkte wird noch genauer eingegangen.

Die Stabilität eines Systems kann abhängig von der Betrachtungsweise und dem zugrunde gelegten Beurteilungsmodell anhand zahlreicher Messgrössen beurteilt werden: Für öffentliche Transportsysteme könnte beispielsweise die Ankunftszeit, die Anzahl verspäteter Kurse oder die Regelmässigkeit (die Varianz der Fahrzeugfolgezeiten) genutzt werden, um die Betriebsstabilität zu beurteilen. Jede dieser Messgrössen unterliegt zahlreichen internen und externen Einflussfaktoren, welche wiederum direkt oder indirekt in Wechselwirkung miteinander stehen können.

Für meine Forschungen wurde ein Modell zur Beurteilung der Systemstabilität benutzt, welches im Wesentlichen für den Umgang von Gesellschaften und baulicher Strukturen mit den Auswirkungen von Erdbeben in den USA entwickelt wurde.<sup>6</sup> Darin werden vier Aspekte der Stabilität unterschieden: Robustheit, Redundanzverfügbarkeit, Rapidität und Ressourceneffektivität (Abbildung 1).

---

<sup>6</sup> Tierney, K., M. Bruneau (2007) Conceptualizing and Measuring Resilience: A Key to Disaster Loss Reduction, TR News, Transportation Research Board on the National Academies, 250, May – June 2007, 14 – 17.

---

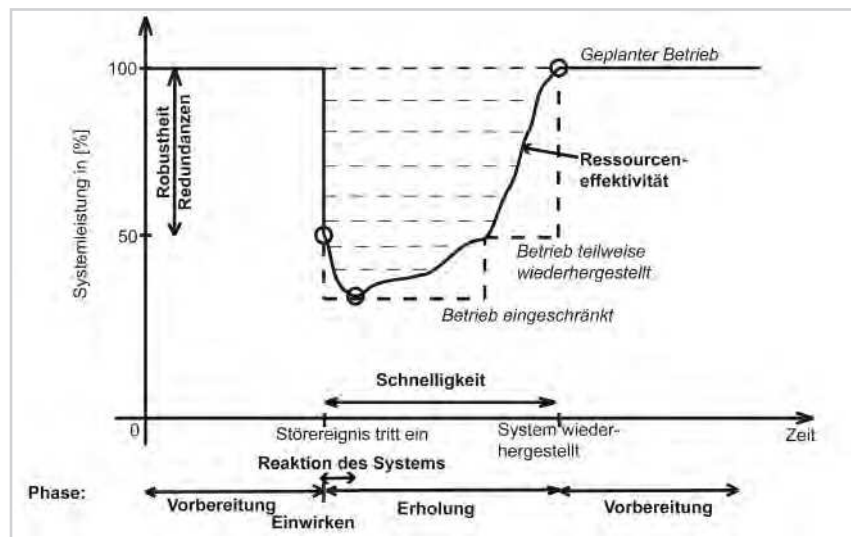


Abbildung 1: Schema zur Beurteilung der Systemstabilität

Abbildung 1 zeigt, wie eine Störung die Systemleistung beeinträchtigen und reduzieren kann und illustriert das Verständnis der zuvor genannten Stabilitätsaspekte. In horizontaler Richtung ist die Zeit abgetragen. Die Ordinatenachse zeigt die Systemleistung, die so genannte «System Performance». Diese gilt es je nach Standpunkt und Modellüberlegung zu definieren: als Systemleistung kann beispielsweise eine einzelne Messgrösse wie die Anzahl verspäteter Kurse, die Anzahl bedienter Haltestellen oder die Varianz der Kursfolgezeit betrachtet werden. Andererseits können mehrere Messgrössen gewichtet und kombiniert werden, um die Systemleistung zu quantifizieren. In meiner Arbeit werden mehrere Messgrössen zur Netzkonnektivität und Kapazitätsauslastung erfasst und zu einer einzigen Messgrösse kombiniert, sodass Werte zwischen Null (System völlig instabil) und Eins (volle Systemstabilität) angenommen werden:

- Anzahl bedienter Haltestellen,
- Anzahl der bedienten Haltestellen in grösster, zusammenhängender Komponente,
- mittlere kürzeste-Wege-Distanz in dieser Komponente,
- mittlere Anzahl von Umsteigevorgängen in dieser Komponente,
- Anzahl zusätzlicher Linienkilometer pro Linie,
- Anzahl zusätzlicher Fahrzeuge, die insgesamt benötigt werden,
- Anzahl zusätzlicher Kanten mit Kapazitätsüberschreitungen.

Tritt ein (schweres) Störereignis auf, so mindert dieses Initialereignis die Systemleistung. Der zugehörige Messwert, genannt «Approximation 2<sup>7</sup>, Messwert 1», beschreibt die reduzierte Systemleistung zum Zeitpunkt «Ereignis tritt ein». Sind Redundanzen vorhanden oder ist die Robustheit hoch, so fällt die Systemleistung weniger stark ab gegenüber Systemen, die weniger robust oder redundant sind. Für Verkehrsnetze kann dies beispielsweise bei einem schweren Unfall eine blockierte Strecke zwischen zwei benachbarten Stationen sein.

In der Folge können zusätzliche Effekte auftreten, welche die Systemleistung weiter mindern: ursprünglich nicht betroffene Netzteile können ebenfalls ausfallen. Für Verkehrsnetze kann beispielsweise der Ausfall einer Strecke zwischen zwei Haltestellen bewirken, dass weitere Fahrkanten und Stationen nicht befahren werden können, etwa beeinflusst von der Lage der Wendeschleifen der Tram-bahnen. Der Zeitpunkt, an welchem die minimale Systemleistung resp. die grösste Reduktion derselben erreicht wird, wird mit «Approximation 2, Messwert 2» bezeichnet. An just jenem (Zeit-)Punkt wird bei geplanten Verkehren ein stabiler aber reduzierter Betriebszustand definiert, solange bis eine Störung behoben oder die erreichbare Systemleistung verbessert werden kann. Der Punkt «Approximation 2, Messwert 3» beschreibt schliesslich den Zeitpunkt, an welchem die ursprüngliche, also vor der Störung beobachtete, volle Systemleistung wieder erreicht wird. Je höher die Ressourceneffektivität der Gegenmassnahmen, desto eher wird dieser Punkt erreicht. Ein System ist gemäss der vorgestellten Logik dann stabil, wenn schwere Störereignisse die Systemleistung in vertikaler und horizontaler Achse nur gering mindern.

<sup>7</sup> Die «Approximation 2» beschreibt ein Verfahren, an dem eine Störungsauswirkung durch drei Messwerte beschrieben wird: die Messwerte 1 bis 3.

Der Zeitraum bevor eine Störung eintritt, kann als «Vorbereitung / Preparation» bezeichnet werden. Unmittelbar wenn das Initialereignis auf ein System einwirkt und die Systemleistung zum Zeitpunkt «Ereignis tritt ein» mindert, findet die Phase «Eingriffe / Intervention» statt und die Phase «Reaktion / Response» startet, welche wiederum Teil des Zeitraums «Wiederherstellung / Recovery» ist. Sobald die Systemleistung wieder den Maximalwert erreicht, beginnt die nächste Vorbereitungsphase, in der möglichst auch Massnahmen implementiert und umgesetzt werden sollen, welche in einer Erfahrungsanalyse gewonnen werden. Erkenntnisse zum Systemverhalten bei Störungen sollen also auch immer genutzt werden, um die Reaktionsfähigkeit und Widerstandsfähigkeit des Systems zu erhöhen. Der Zeitraum nach einer Störung ist jener vor der nächsten Störung!

## KOMPLEXE VERKEHRSSYSTEME

Fast jeder hat verschiedene Sichtweisen und Massstäbe dafür, was ein komplexes Verkehrssystem ausmacht. Ich möchte im Folgenden drei Beispiele nennen, in der mich die Komplexität verschiedener Verkehrssysteme vor Herausforderungen gestellt hat:

- Der Übersichtsplan der Buslinien in Vilnius (Litauen) erscheint mir sehr komplex, obwohl ich öV-affin bin und viele solche Karten gesehen und verstanden habe. Sowohl die Linienbezeichnung (es gibt einige Linien doppelt) als auch die Linienführung ist nicht sofort klar und wenig intuitiv.
- Die räumliche Situation an der Zürcher Baustelle «Escher-Wyss-Platz» wirkt unübersichtlich und die Orientierung ist mitunter schwierig. Dies stellt die Passagiere zeitweise vor Herausforderungen, da nicht immer sofort klar und einsehbar ist, wo beispielsweise ein Anschlussbus abfährt und ob ein Anschlusskurs erreicht werden kann.
- Grossereignisse wie beispielsweise der «Eurovision Song Contest» in Düsseldorf machen komplexe Verkehrssysteme noch komplexer und stellen auch regelmässige öV-Nutzer vor Herausforderungen: Dichte Verkehrsnetze werden noch stärker belastet und Zusatzkurse eingeplant. Damit reagiert das System insgesamt sensibler auf Störungen. Gleichzeitig gibt es mehr Fahrgäste als sonst, die allesamt zum Beginn der Show im Stadion sein wollen. Dies wurde in Düsseldorf insgesamt aber gut gelöst.

In der Literatur findet sich ein interessanter Ansatz, verschiedene grosstechnische Systeme hinsichtlich der Auswirkungen von Störungen zu klassifizieren<sup>8</sup>: Systeme können einerseits durch lineare oder komplexe Wechselwirkungen («linear interactions» und «complex interactions») charakterisiert werden. Systeme mit linearen Interaktionen zeichnen sich durch voneinander unterscheidbare Produktionsschritte aus, die mitunter in räumlich getrennten Orten durchgeführt werden. Eine gewisse «Entmischung» von Produktionsschritten oder Fertigungsarten ist also festzustellen. Systeme mit linearen Interaktionen sind zumeist aus (räumlich) getrennten Teilsystemen zusammengesetzt. Systeme mit linearen Interaktionen können modelliert und Messgrössen zur Systemfunktion direkt erfasst werden. Die Systemleistung ist also grundsätzlich quantifizierbar – im Gegensatz zu Systemen mit komplexen Interaktionen: Diese sind nur sehr eingeschränkt modellierbar, da zahlreiche Rückkopplungsschleifen im System bestehen und die Interaktionen nicht vollständig verstanden und abgebildet werden (können). Messgrössen sind allenfalls indirekt zu erfassen. Die Verknüpfungen und Funktionsweisen von Neuronen im Gehirn sind beispielsweise komplexer Art. Dabei erfolgt die Zuordnung auf einer übergeordneten Ebene: Auch Systeme mit linearen Wechselwirkungen zwischen den Netzelementen können einige wenige komplexe Interaktionen aufweisen; diese sind jedoch deutlich seltener als in Systemen mit hauptsächlich komplexen Interaktionen.

Ein anderes Unterscheidungskriterium ist die Zeitkritikalität der einzelnen Produktionsschritte: Neben Systemen mit eng verknüpften Prozessschritten gibt es solche mit weniger dichten Verknüpfungen («tightly coupled systems» und «loosely coupled systems»): Eng verknüpfte Systeme zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus<sup>8</sup>:

- Vorab definierte, fixe Reihenfolge von Ereignisketten im Produktionsprozess,
- Verzögerungen sind nicht tolerierbar,
- begrenzte Reserven von technischer Ausrüstung und Personal,
- Puffer und Redundanzen müssen im System und Produktionsprozess bereits vorab eingeplant werden
- und durch eine hohe Zeitkritikalität von Prozessen.

Weniger dicht verknüpfte Systeme können Unregelmässigkeiten und Verzögerungen im Produktionsprozess bis zu gewissen Grenzen auch während des Betriebs abfedern und Produktions-

<sup>8</sup> Perrow, C. (1984) Normal Accidents – Living with High-Risk Technologies, Princeton, University Press.



schritte können teilweise auch getauscht werden. Eine Übersicht von Systemen und deren Klassifizierung zeigt Abbildung 2. Demnach weisen Bahnverkehre und öV-Netze im Allgemeinen lineare Interaktionen auf; die Produktionsschritte sind dicht verknüpft. Bahnsysteme sind also grundsätzlich modellierbar und Messgrößen können meist direkt gemessen werden.

	Linear interactions	Complex interactions
Tight coupling	Rail transport	Space missions
	Power grids	DNA
	Dam structures	Nuclear plants
Loose coupling	Assembly-line production	Universities
	Most manufacturing	Mining

Abbildung 2: Systeme und deren Klassifizierung hinsichtlich der Auswirkung von Störungen

Was macht nun die im Tagungstitel postulierte Komplexität von Verkehrssystemen konkret aus? Zunächst einmal sind öffentliche Verkehrssysteme offene Systeme, die mit der Systemumwelt interagieren. Dies macht eine Abgrenzung im Modellierungsprozess schwierig. Es bestehen beispielsweise zahlreiche Wechselwirkungen zwischen der Systemumwelt und dem Produktionsprozess, also dem öV-Betrieb: etwa Witterungsbedingungen, Schwankungen des Fahrgastaufkommens oder Interaktionen mit anderen Verkehrsmitteln wie dem motorisierten Individualverkehr.

Ein weiterer Faktor, der Verkehrssysteme, deren Modellierung und Stabilitätsanalyse komplex macht ist, die Tatsache, dass es sich im öffentlichen Verkehr um geplante Verkehre handelt. Somit müssen auch im gestörten Betriebszustand Randbedingungen wie die Linienbindungen und Taktfolgezeiten berücksichtigt werden. Aus Modellierungssicht wäre die Analyse der Systemstabilität deutlich einfacher, wenn alternative Linienführungen beliebig, beispielsweise entlang kürzester Pfade, gewählt werden könnten. Aber auch im Störfall sollen Linienbindungen und festgelegte, den Fahrgästen bekannte Taktfolgezeiten nach Möglichkeit eingehalten werden.

Weiterhin gibt es wesentliche Einschränkungen hinsichtlich Kosten und Kapazitäten von Knoten und Kanten im modellierten System: Aus finanziellen, räumlichen oder politischen Aspekten können die öV-Systeme nicht beliebig robust oder redundant gestaltet werden: Jede zusätzliche Fahrkante kostet viel Geld und benötigt viel Platz. Ein maximal verknüpftes System mit direkten Tunnelverbindungen zwischen allen möglichen Quell-Ziel-Verknüpfungen ist völlig undenkbar, obwohl dies maximale Stabilität bedeuten würde.

Als letzten Punkt in diesem Rahmen – die Aufzählung ist natürlich beliebig zu verlängern – möchte ich auf die Systemarchitektur des Eisenbahnsystems eingehen. Ein effizienter Bahnbetrieb ist das Ergebnis des Zusammenwirkens mehrerer Teilsysteme, die wiederum jeweils als komplex zu betrachten und an zahlreichen Schnittstellen miteinander verknüpft sind. In der Dissertation werden bei der Analyse der Systemstabilität des schweizerischen Eisenbahnsystems die Infrastruktur, der Betrieb und die Schnittstellen mit der Sicherungstechnik und der Energie betrachtet und abgebildet. Die europäische Interoperabilitätsnorm 2008/57/EC<sup>9</sup> nennt und beschreibt aber noch weitere: Neben den strukturellen Teilsystemen «Infrastruktur», «Sicherungs- und Leittechnik», «Energieversorgung» und «Rollmaterial» werden auch funktionale Teilsysteme genannt («Betrieb», «Unterhalt» und «Telematikanwendungen für den Personen- und Güterverkehr»). Diese sind miteinander verknüpft. Effizienter Bahnverkehr funktioniert heute nur, wenn alle Teilsysteme einwandfrei funktionieren und leistungsfähig sind.

Jedes Teilsystem – und damit der Bahnbetrieb – wird nun von verschiedenen geplanten und ungeplanten Störereignissen bedroht: Geplante «Störungen» umfassen beispielsweise Baustellen oder grossräumige resp. lang dauernde Unterhaltsarbeiten. Oftmals bewusster wahrgenommen werden und in den Folgen schwerwiegender sind ungeplante Störereignisse: Dabei gibt es solche Gefahren, die jedes offene System bedrohen wie technische, soziale und Naturgefahren. Zusätzlich gibt

<sup>9</sup> Directive 2008/57/EC of the European Parliament and of the Council on the interoperability of the rail system within the Community, June 2008.

es aber auch bahn-spezifische Störereignisse wie Fehler im Betriebsprozess, strukturelle Fehler und externe Störungen. Eine Übersicht über die möglichen schweren Störereignisse, wie sie in der Forschungsarbeit betrachtet werden, zeigt die Abbildung 3.

Betrachtet man nur das Teilsystem «Infrastruktur» unter Vernachlässigung aller betrieblicher Randbedingungen, so können Störungen entweder umfahren werden oder Kurse einer betroffenen Linie werden vorzeitig gewendet. Dies entspricht in etwa den ersten Bahnnetzen, die noch gering belastet waren und wo es noch keine Sicherungsnetze und Energieversorgungsnetze heutigen Standards gab. Mit zunehmender Netzbelastung ergeben sich aber auch für den gestörten Betriebszustand neue Randbedingungen: Je nach Streckenauslastung kann es nun sein, dass lokales Umfahren einer Störung durch fehlende freie Kapazitäten verunmöglicht wird. Dies kann einerseits dazu führen, dass Störungen grossräumiger umfahren werden müssen (mit längeren Fahrzeiten) oder Linien trotz alternativer Wege im Infrastrukturnetz nicht benutzt werden können. Mit zunehmender Netzbelastung hat sich also die Systemstabilität im Störfall reduziert, sodass die Störungen schwerwiegendere Auswirkungen haben können. Mit der Verbreitung komplexer Sicherungs- und Steuerungsnetze reduziert sich die Systemstabilität nochmals, da ein Ausfall eines Stellwerkes mitunter nicht nur eine Station sondern direkt mehrere Stationen blockiert. Ähnliches gilt für die Energieversorgung, genauer für die Strom-einspeisungspunkte an der Infrastruktur. Heutzutage müssen also mehrere Teilsysteme funktionieren, um einen effizienten Bahnbetrieb zu realisieren.

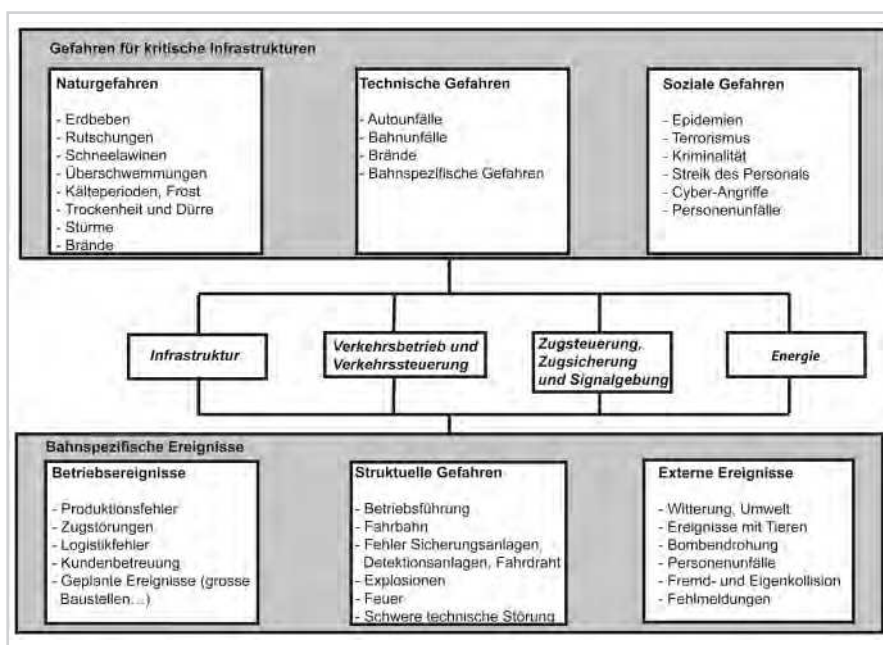


Abbildung 3: Mögliche schwere Störereignisse für den Bahnbetrieb

## HERAUSFORDERUNGEN

Nachfolgend wird auf die Herausforderungen für den Bahnverkehr hinsichtlich der Systemstabilität im Störfall eingegangen und es werden wesentliche Entwicklungen aufgezeigt, welche diese im Ereignisfall negativ beeinflussen:

- Zunehmende Netzbelastung: Neben der Infrastruktur werden auch Daten- und Kommunikationsnetze immer stärker belastet. Dadurch nehmen Kapazitätsrestriktionen zu, sodass nicht alle möglichen Ausweichrouten auch befahren werden können. Ggf. werden also grössere Umfahrungen nötig oder gar ganz verunmöglicht.
- Die Anforderungen von Kunden und Betreibern an die Flexibilität, Sicherheit und Verfügbarkeit erhöhen sich fortlaufend. Dadurch rückt das Thema der Systemstabilität stärker in den Fokus und die Anforderungen an die Systeme nehmen zu.
- Es ist eine zunehmende Zentralisierung und Standardisierung von Schnittstellen, Softwareprogrammen, Daten, Bedienoberflächen, Personal, Steuerungsprozesse und Bedienoberflächen zu beobachten, auch vor dem Hintergrund der Interoperabilitätsanforderungen. Ist Personal nicht oder nur eingeschränkt lokal verfügbar, so sind Anfahrtswege im Störfall lang, sodass die Zeit bis zum

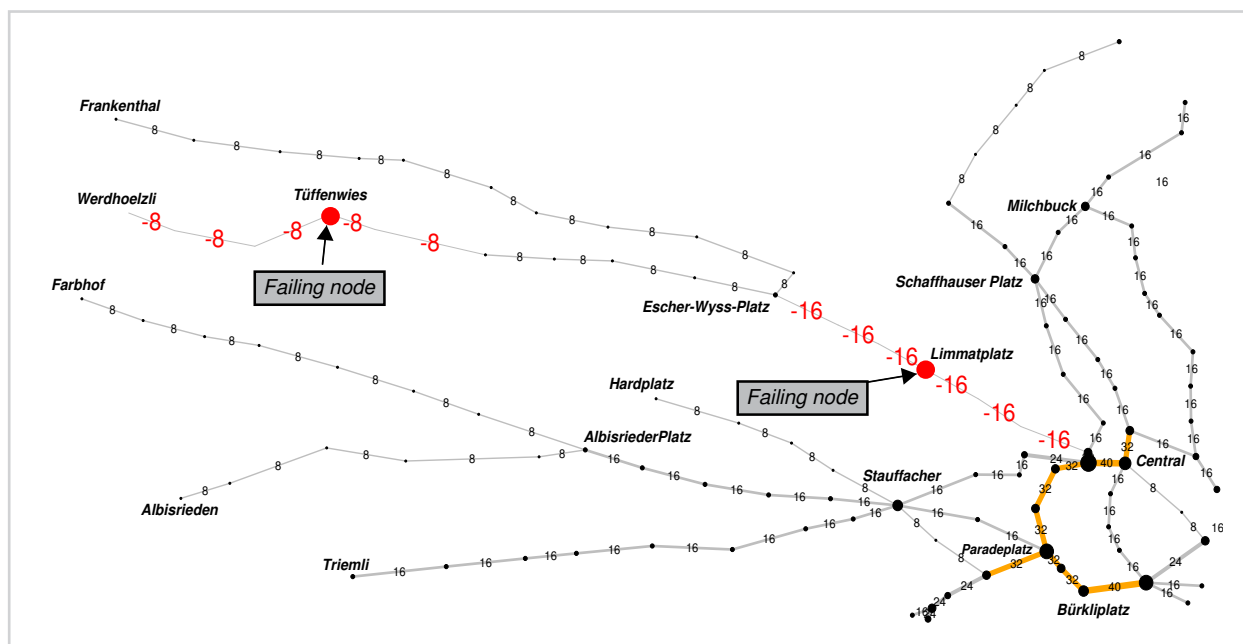
Eingreifen verlängert wird. Somit wird auch der Zeitpunkt, an dem eine Störung behoben ist hinausgezögert. Andernfalls wirken Ausfälle von Systemkomponenten damit auch schwerwiegender.

- Steigender Informationsbedarf, und damit mehr Datenverkehr: Die Disposition im Störfall benötigt viele Eingangsdaten; sind diese nicht verfügbar, können Dispositionsentscheide weniger zielgerichtet getroffen werden. Fallen einzelne Datenverbindungen aus, so kann eine ganze Komponente ausfallen und ggf. den Produktionsprozess stören.

- Automatisierung von Betriebsprozessen: Die zunehmende Automatisierung von Betriebsprozessen erhöht einerseits die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit eines Systems, im Störfall können daher schwerwiegendere Folgen resultieren.

- Schliesslich steigert die zunehmende Durchsetzung von Echtzeitüberwachung und -disposition etwa den Datenverkehr und die Verwundbarkeit.

Ich möchte Ihnen nun einige konkrete Ergebnisse der im Rahmen des Dissertationsvorhabens durchgeführten Untersuchungen vorstellen. Zusammen mit den Visualisierungen soll somit ein erster Eindruck von den Arbeiten und von deren Ergebnissen vermittelt werden. Neben dem schweizerischen Eisenbahnsystem wurden Stabilitätsuntersuchungen auch für das Zürcher Tramnetz gemacht, da aufgrund der kleineren Netzgrösse schneller Ergebnisse berechnet werden können. Zusätzlich sind diese aufgrund guter lokaler Ortskenntnisse für mich leichter zu interpretieren und damit zu verifizieren. Abbildung 4 zeigt das Zürcher Tramnetz im gestörten, reduzierten Betriebszustand für den Fall, dass sowohl die Haltestellen «Limmatplatz» als auch «Tüffenwies» nicht mehr angefahren werden können.





Diese Ergebnisse wurden nun mit jenen verglichen, welche dieselbe Störung (Ausfall der Haltestellen «Limmatplatz» und «Tüffenwies» durch technische Störung oder Unfall beispielsweise) im Netz Zürich 2025 bewirkt. Die Vision und der Linienplan vom Zürcher Tramnetz 2025 können im Internet heruntergeladen werden. Wesentliche Veränderungen sind neben neuen Linienführungen insbesondere die Umsetzung des Rosengartentrams, die Fertigstellung des Trams «Züri West» und das Tram zwischen «Zürich Flughafen» und «Bahnhof Stettbach», das bereits heute verkehrt aber im modellierten Netz des Jahres 2007 noch nicht fertiggestellt und berücksichtigt war. Abbildung 5 zeigt, dass im Tramnetz des Jahres 2025 die Störungen nun zumindest teilweise umfahren werden können und die Konnektivität gesteigert wird.

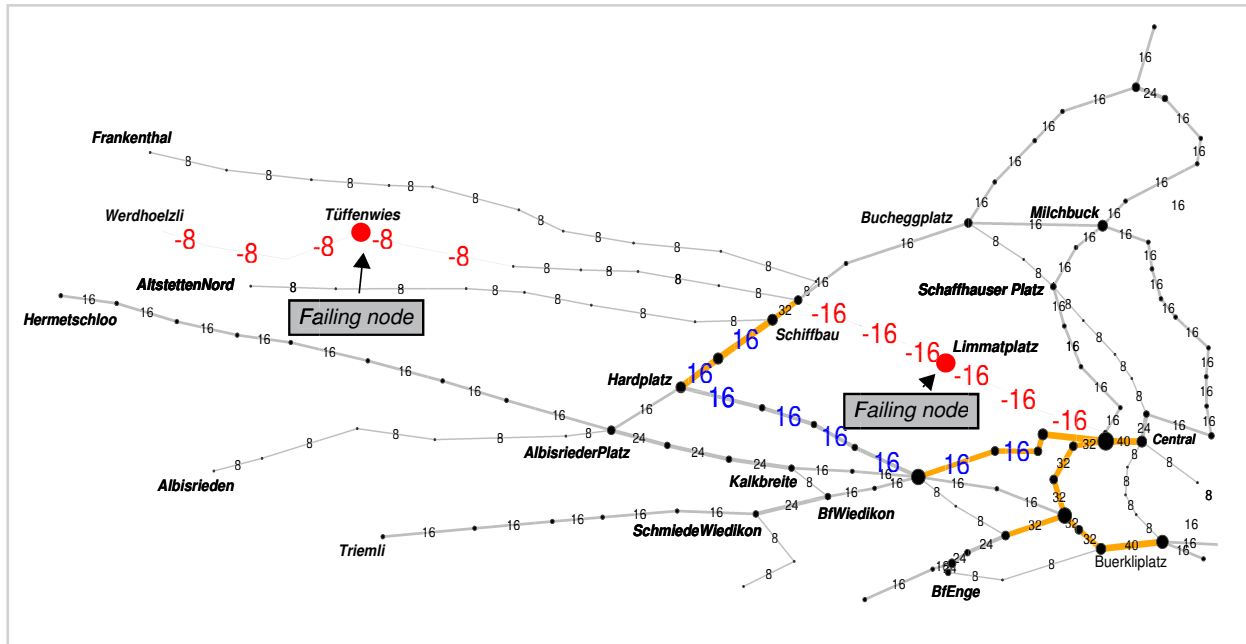


Abbildung 5: Systemzustand Zürcher Tramnetz 2025 bei Ausfall der Knoten «Limmatplatz» und «Tüffenwies» gemäss implementiertem Stabilitätsanalysemodell

Es kann festgestellt werden, dass statt ursprünglich zwei nun drei Linien von der Störung betroffen sind. Das Resultat der vom implementierten Tool berechneten Umlegung resp. Disposition ist:

- Linie 4: zwischen «Hauptbahnhof» und «Schiffbau» über «Stauffacher» und «Hardplatz» umgeleitet,
- Linie 8: verkehrt nur zwischen «Rehalp» und «Hardturm»,
- Linie 13: zwischen «Hauptbahnhof» und «Escher-Wyss-Platz» über «Stauffacher» und «Hardplatz» umgeleitet.

Es werden also zwei Linien (4 und 13) umgeleitet und eine Linie vorzeitig gewendet (Linie 8). Die Systemleistung wird durch dieselbe Störung insgesamt weniger stark gemindert. Ein genauer Blick zeigt, dass die Konnektivität im gestörten Betriebszustand deutlich gesteigert wurde. Gleichzeitig werden nun aber die vorher definierten betrieblichen Kapazitätsgrenzen auf der Hardbrücke durch die Umleitung überschritten, sodass der Wert für die «Kapazität» reduziert wird. Auch wird ein zusätzliches Fahrzeug benötigt, wenn die Taktfolgezeit unverändert bleiben soll. Die Disposition der betroffenen Linien könnte im Tool allerdings auch so erfolgen, dass keine zusätzlichen Kapazitäten überschritten werden.

Abschliessend wird nun auf einige Untersuchungsergebnisse zur Systemstabilität des schweizerischen Eisenbahnnetzes eingegangen. Dieses Netz ist bedeutend grösser und beinhaltet deutlich mehr Knoten und Kanten als das Zürcher Tramnetz. Auch erhöht sich die Berechnungs- und Simulationsdauer. Hinterlegt wurden alle grösseren schweizerischen Haltestellen, kleinere Haltestellen ohne Verzweigungsmöglichkeit und mit geringer Frequentierung wurden nicht berücksichtigt. Auch wurden nur Linien des Regional- und Fernverkehrs sowie Normalspurstrecken abgebildet, der Güterverkehr sowie Meterspurabschnitte wurden nicht modelliert. Eine Analyse der Netzbelastung im geplanten, also ungestörten Betrieb zeigt, dass bereits im operativen Betrieb die Kapazitätsgrenzen einiger Einspur- und Doppelspurabschnitte überschritten ist. Zu diesen Belastungen kommen noch jene der S-Bahnen und der Güterverkehre.

Entfernt man nun jeden Netzknoten, disponiert für den Störfall (so wie im Analysetool hinterlegt) und misst jeweils die Differenzen der Streckenbelastung jeder Strecke im geplanten und gestörten Betriebszustand, so können Streckenabschnitte bestimmt werden, die aus Systemsicht als Ausweichrouten Bedeutung haben, und solche, die im Störfall nicht mehr betrieben werden können (beispielsweise bewirkt eine Störung zwischen Lausanne und Genf, dass diese Region nicht mehr bedient werden kann, siehe Abbildung 6).

Wichtige Umleitungsstrecken befinden sich beispielsweise zwischen Luzern und Olten (Einspurstrecke) und auf der Hochgeschwindigkeitsstrecke zwischen Bern und Olten. Diese sind jedoch bereits stark belastet, sodass sie als Alternativrouten nur bedingt zur Verfügung stehen. Durch Kapazitätsengpässe müssen Störungen also gegebenenfalls grossräumiger umfahren werden oder sie werden ganz verunmöglicht. Die identifizierten kritischen Netzelemente befinden sich bei den Knotenpunkten Basel, Bern, Zürich, Olten, Genf und Lausanne.

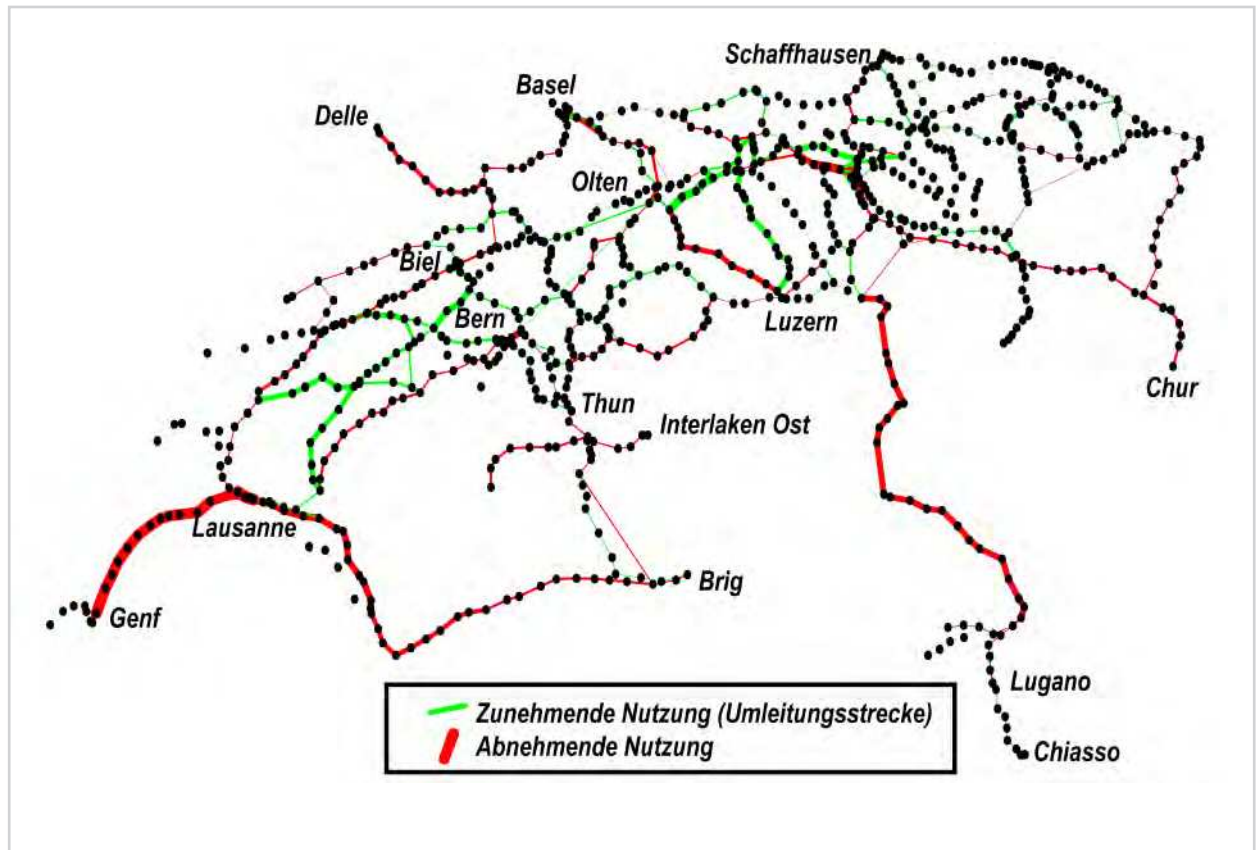


Abbildung 6: Bedeutung von Strecken als Ausweichrouten (grüne Farbe) und nicht mehr bedienbare Streckenabschnitte (rote Farbe) für das schweizerische Normalspurnetz gemäss Simulationsergebnissen.

Es kann auch vorgegeben werden, dass Linien im Störfall so zu disponieren sind, dass keine weiteren Kapazitätsgrenzen überschritten werden. Vergleicht man nun die Resultate der Wirkung eines Knotenausfalls mit und ohne Kapazitätsrestriktionen, so erkennt man die Bedeutung des Abschnitts zwischen Basel und Baden als Umfahrungsroute für die Züge zwischen Basel und Zürich. Auch sieht man, dass aufgrund knapper freier Restkapazitäten die Strecke Bern-Rothrist nicht befahren werden kann und längere Umfahrungen in Kauf genommen werden müssen. Teilweise stossen dann auch diese Ausweichstrecken an Kapazitätsgrenzen, sodass nicht alle Linien umgeleitet werden können und stattdessen vorzeitig zu wenden sind.

## ***SCHLUSSFAZIT***

Als kurzes Schlussfazit können drei wesentliche Aussagen der Ausführungen zusammengefasst werden, die an dieser Tagung immer wieder aufgegriffen und beleuchtet werden:

- Verkehrssysteme sind komplex! Sie können aber modelliert werden.
- Stabile Mobilität ist eine (wesentliche) Herausforderung unserer Gesellschaft.
- Diese Herausforderungen nehmen zukünftig eher zu als ab.



Robert Dorbritz (\*1981) studierte Wirtschaftsmathematik an der TU Kaiserslautern (Vertiefungsrichtung: Mathematische Optimierung) und arbeitet seit 2006 als wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für öffentliche Verkehrssysteme des Instituts für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) der ETH Zürich. Er schreibt derzeit seine Doktorarbeit zum Thema «Railway Network Stability and the Spreading Dynamics of Disastrous Events Causing System-Wide Blockades», welche von Prof. Dr. Ulrich Weidmann betreut wird. Seine Forschungsschwerpunkte umfassen neben der Stabilitätsuntersuchung von Verkehrsnetzen auch Analysen zur Leistungsfähigkeit und Kapazität von Verkehrsinfrastrukturen.

---

Robert Dorbritz, Wirtschaftsmathematiker und  
Doktorand der Verkehrswissenschaften  
ETH Zürich, [robert.dorbritz@ivt.baug.ethz.ch](mailto:robert.dorbritz@ivt.baug.ethz.ch)

## 3.2 DIE ENTWICKLUNG VON GROSSTECHNISCHEN SYSTEMEN ZWISCHEN TECHNISCHER INNOVATION UND POLITIK

RENATE MAYNTZ

Als Technikhistoriker und Soziologen begannen, über technische Systeme zu sprechen und sie zum Forschungsgegenstand zu machen, waren sie sich keineswegs einig, was darunter zu verstehen ist. Manche verstanden darunter Artefakte, Maschinen und technische Apparaturen, in denen komplexe technische Prozesse ablaufen. Für den Historiker Tom Hughes, mit dem ich vor über 20 Jahren ein Buch über die Entwicklung grosser technischer Systeme herausgegeben habe<sup>10</sup>, sind technische Systeme niemals nur physische Apparate, sondern sie haben immer auch soziale und kulturelle Komponenten. Die Art, wie technische Artefakte konstruiert sind, wie sie aufgebaut sind und wie sie operieren, ist immer kulturell und sozial geprägt – durch das verfügbare Wissen und die verfügbaren menschlichen Fähigkeiten, Bedürfnisse und Zwecksetzungen.

In den 80er-Jahren des vorigen Jahrhunderts wandten Sozialwissenschaftler sich der Erforschung einer bestimmten Kategorie technischer Systeme zu, die man auf Englisch *large technical systems* und auf Deutsch *grosstechnische Systeme* nannte. Im Zentrum des Interesses standen Elektrizitätsnetze, Telefonsysteme und Eisenbahnen. Sie zogen das besondere Interesse von Technikhistorikern und Techniksoziologen auf sich, weil sie im 19. Jahrhundert aufgrund aufsehenerregender technischer Innovationen entstanden waren. Dabei wurden typischerweise bereits existierende Erfindungen wie die Dampfmaschine oder elektrischer Strom zu einem neuen Zweck genutzt. Der Begriff *grosstechnisches System* blieb aber unscharf. *Gross* kann heissen räumlich ausgedehnt, wie im Fall der Eisenbahn; es kann sich aber auch auf die Wirksamkeit einer technischen Anlage beziehen, wie im Fall eines Kernkraftwerks, das ebenfalls auf einer wissenschaftlich-technischen Innovation basiert. Obwohl ein Eisenbahnnetz und ein Elektrizitätsnetz in einem anderen Sinn *gross* sind als ein Kernkraftwerk, ein Staudamm oder ein Containerterminal, wurde und wird beides häufig als *grosstechnisches System* bezeichnet. Ich benutze den Begriff hier jedoch speziell für die technisch vernetzten, räumlich ausgedehnten Systeme in den Bereichen Transport, Kommunikation und Stromversorgung. Diese grosstechnischen Systeme erfüllen Infrastrukturfunktionen. Man kann sie deshalb auch als technische Infrastruktursysteme bezeichnen. Diese Infrastruktursysteme kann man von Grossanlagen wie KKWs und Containerterminals unterscheiden – also von *stand-alone* technischen Systemen, die Bestandteil eines räumlich ausgedehnten Infrastruktursystems sein können, denen aber selbst der kennzeichnende Netzcharakter fehlt. Der Begriff des technischen Infrastruktursystems betont zum einen ihre Funktion und zum anderen die Tatsache, dass diese Funktion auf der Grundlage eines räumlich ausgedehnten physischen Netzes erbracht wird. Natürlich sind nicht alle technischen Infrastruktursysteme erst in der Neuzeit aufgrund technischer Innovationen entstanden. Ich denke hier vor allem an die Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung. Kanalsysteme für die Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung gab es schon bei den Römern. Heute sind diese Systeme hochgradig technisiert, aber sie entstanden nicht aufgrund einer neuen Technik. Ihre Geschichte ist etwas anders gelaufen als die Entwicklung der Eisenbahn-, Telefon- und Elektrizitätsnetze, auf die ich mich im Folgenden konzentriere.

Schon der Technikhistoriker Hughes hat festgestellt, dass die Entwicklung moderner grosstechnischer Systeme in klar unterscheidbaren Phasen verläuft und dabei eng mit dem gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Wandel verbunden ist. In der Anfangsphase existierte kein lauthals artikulierter Bedarf nach Eisenbahn, Telefon und elektrischem Strom; die bestehenden Transport-, Kommunikations- und Beleuchtungsmittel erschienen weithin ausreichend. Erfinder und risikofreudige Unternehmer führten die neuen Techniken in Nischen ein. Eine Phase schnellen Wachstums begann, als Versorgungsengpässe in den etablierten Techniken die sozio-ökonomische Entwicklung behinderten und so einen latenten Bedarf für neue Transport-, Kommunikations- und Energieversorgungssysteme erzeugten. In der Feudalgesellschaft hätte sich die Eisenbahn nie entwickeln können; dafür war es notwendig, dass individuelle Mobilität in weiten Bevölkerungskreisen gewünscht und auch erlaubt war, und dass aufstrebende Industrien den massenhaften Transport von Kohle und Erz verlangten. Nachdem die neuen Infrastruktursysteme

---

<sup>10</sup> Renate Mayntz, Thomas P. Hughes (Hrsg.), *The Development of Large Technical Systems*. Campus-Verlag u. a., Frankfurt am Main 1988.

---

etabliert waren, fanden in einer dritten Phase schrittweise Verbesserungsinnovationen statt, die ihre Reichweite und ihre Leistungsfähigkeit erhöhten.

Bei der sozialwissenschaftlichen Analyse grosstechnischer Systeme unterscheidet man zwischen der Art ihrer Leistungsproduktion – mit welcher Technik, wie organisiert – und ihrer politischen Regelung. Das Produktionssystem basiert auf einer bestimmten Technik, deren Handhabung und Nutzung auf eine bestimmte Weise organisiert ist. Untersucht man die Entwicklung grosstechnischer Systeme, muss man also auf drei Aspekte eingehen: (1) auf Veränderungen in der benutzten Technik, (2) auf Veränderungen in der Organisation ihrer Nutzung und (3) auf Veränderungen ihrer politischen Regelung. Diese drei Entwicklungen sind eng miteinander verflochten. Beginnen wir mit der Frage nach der technischen Basis und der Organisation der Leistungsproduktion in grosstechnischen Systemen.

Produktionssysteme werden oft als Produktions- oder auch Wertschöpfungsketten beschrieben. Eine solche Kette beginnt mit dem Gewinnen von Material und führt über die Herstellung zur Verteilung, Vermarktung und schliesslich den Verbrauch, die Nutzung eines Gutes. Beim Transport von Personen und Waren, der Kommunikation zwischen räumlich entfernten Personen und der Versorgung mit Strom ist das technisch zu lösende Kernproblem die zentral koordinierte Überwindung räumlicher Distanz. Natürlich kann räumliche Distanz auch durch die Postkutsche, durch Läufer, Feuer- oder Rauchsignale überwunden werden. Moderne Infrastruktursysteme hingegen stellen ihre Leistung vielen, im Raum verteilten Nutzern mit Hilfe physischer Netze zur Verfügung – durch Schienen und Kabelstränge. Die Reichweite, Sicherheit und Schnelligkeit grosstechnischer Systeme hängt dabei vor allem von der Verteilungstechnik ab.

Die Leistungsfähigkeit der hier in Rede stehenden grosstechnischen Systeme ist in den letzten hundert Jahren durch technische Innovationen enorm gestiegen. Besonders radikal waren die technischen Innovationen in der Telekommunikation. Zwar hat sich auch der Telefonapparat verändert, aber die entscheidenden Innovationen fanden in der Verteilungs- und Vermittlungstechnik statt. Stichworte sind die Glasfasertechnik, durch die parallele Kabelnetze möglich wurde, die Digitalisierung und der Computer, die zusammen die Vermittlungstechnik revolutionierten, und schliesslich die drahtlose Übermittlung auf der Basis elektromagnetischer Wellen, durch die sich das Telefonieren sogar vom physischen Netz lösen konnte. Die technischen Innovationen bei der Eisenbahn waren vergleichsweise bescheidener. Die Elektrotechnik hat die Dampflokomotive abgelöst und schnelle Züge, die wie der französische TGV und der deutsche ICE neue Trassen brauchen, entstanden. Die Ausweitung des internationalen Schienenverkehrs, der lange aus militärischen Gründen behindert war, brachte Anpassungen in der Spurweite und der Höhe von Stromleitungen sowie Innovationen bei der elektronischen Kommunikation und Signalübertragung mit sich. Das physische Netz erlebte bis zur Entwicklung der Magnetschwebetechnik, die bereits vor dem Ersten Weltkrieg verfolgt wurde, nur kleinere Verbesserungen, etwa beim Material von Schienen und der Instandhaltung. Schliesslich verbietet es der Charakter ihrer Leistung, dem Transport von Waren und Personen, dass die Eisenbahn sich wie die Telekommunikation überhaupt von einem physischen Netz löst.

Nicht nur die technische Basis grosstechnischer Systeme, sondern auch ihre Organisationsform veränderte sich im Laufe der Zeit. Wie die Produktion einer Infrastrukturleistung in einem Gebiet – einer Stadt, einem Land oder einer Region – im Einzelnen organisiert ist, lässt sich anhand von drei Merkmalen beschreiben. Das erste Merkmal ist der Konzentrationsgrad. Dieses Merkmal ist räumlich zu verstehen: Gibt es ein einziges (Monopol-)Unternehmen im ganzen Gebiet, das die betreffende Infrastrukturleistung produziert, oder gibt es eine Vielzahl von Unternehmen nebeneinander, die die gleiche Art Leistung produzieren? Das zweite Merkmal ist die funktionelle Integration oder umgekehrt die Entflechtung der verschiedenen Glieder in der Produktionskette: Gehören Produktion und Verteilung, die Netze und das Netzmanagement demselben Unternehmen oder sind sie auf verschiedene Unternehmen verteilt? Das dritte Merkmal schliesslich ist der private oder öffentliche Charakter der Unternehmen. Entlang aller Dimensionen hat es im Laufe der Zeit beachtliche Veränderungen gegeben.

Eisenbahnen, E-Werke und Telefonsysteme entstanden zunächst meist als kleine, private Unternehmen auf begrenztem Raum. War der räumliche Konzentrationsgrad demnach anfangs gering, dann war die funktionelle Integration hoch: Produktion, Verteilungsnetze und Vermarktung lagen meist in einer Hand. Im Laufe der Zeit expandierten die Systeme räumlich, oft durch den Zusammenschluss lokaler Monopolisten. Als die militärische Bedeutung von Eisenbahn und Telefon erkannt wurde, wurden sie mehr und mehr vom Staat übernommen. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde das zentral und hierarchisch gesteuerte, nationale öffentliche Monopol zum vorherrschenden Leitbild der Organisation. Dieses Leitbild verschwand mit der in den 1970er- und 1980er-Jahren einsetzenden Liberalisierung. Liberalisierung bedeutet Privatisierung und Deregulierung, Deregulierung im Sinne der Aufhebung



rechtlicher Beschränkungen des Wettbewerbs – innerhalb eines Landes und sogar zwischen den Unternehmen verschiedener Länder. Liberalisierung heisst im Wesentlichen die Schaffung von Märkten. Ein Markt existiert, wenn in einem Gebiet eine Mehrzahl privater Unternehmen in Konkurrenz miteinander ein gleiches oder ähnliches Produkt anbieten.

Im Zuge der Liberalisierung wurden zuvor öffentliche grosstechnische Systeme schrittweise privatisiert, Monopole wurden aufgelöst und funktionell entflochten; heute gibt es innerhalb eines Gebiets oft mehrere private Unternehmen, die sich nur mit einem Glied aus der Produktionskette befassen. Am weitesten fortgeschritten ist die Liberalisierung inzwischen bei der Telekommunikation. Hier existiert zumindest in Deutschland heute tatsächlich ein Markt: Die Deutsche Telekom wurde privatisiert und verlor ihr Monopol; Ende 2006 gab es 85 private Firmen, die in Konkurrenz miteinander Telefon- und Datenübertragungsdienste anboten. Die Eisenbahn wurde zuerst in Grossbritannien privatisiert. Hier ist die Liberalisierung weniger weit fortgeschritten. Bei allen grosstechnischen Systemen, deren Leistung unaufhebbar mit der Bindung an ein physisches Netz zusammenhängt, ist die Netzbindung ein gravierendes Hindernis für Entflechtung und Dekonzentration. In Deutschland wurde die Bundesbahn formell privatisiert, Personenverkehr und Frachtverkehr wurden organisatorisch getrennt und beides wurde vom Schienennetz gelöst.

Solange ein grosstechnisches System an ein physisches Netz gebunden ist und der Bau paralleler Netze nicht praktikabel ist, ist Wettbewerb nur möglich, wenn Konkurrenten Zugang zum Netz erhalten. Bei Telekommunikation und Elektrizität haben technische Innovationen Konkurrenten den Netzzugang erleichtert und auch bei der Eisenbahn wird das Schienennetz in Deutschland heute von mehreren Unternehmen genutzt – von der DB, verschiedenen Frachtunternehmen und einer Vielzahl regionaler privater Bahnbetriebe, deren Personal nicht in der gleichen Gewerkschaft organisiert ist wie das Personal der DB. Hier findet eine Zersplitterung des «Produktionssystems» statt, deren Überwindung hohe Anforderungen an die Koordination stellt. Die Beziehungen zwischen einer grösseren Zahl auf einzelne Glieder der Produktionskette spezialisierter Unternehmen sind wesentlich komplexer als die Machtstruktur in einem funktionell integrierten Gebietsmonopol, ob öffentlich oder privat. Es ist die durch die Liberalisierung grosstechnischer Systeme entstandene Komplexität ihrer sozialen Organisation, die zu ihrer unabweislichen technischen Komplexität hinzukommt und ihre besondere Art der Komplexität ausmacht. Die Komplexität, die aus der Notwendigkeit des Zusammenpassens und Zusammenspiels heterogener physischer Elemente bei der Erzeugung einer Leistung entsteht, wird mit Anpassungen bei den benutzten technischen Artefakten, den Schienen, Kabeln, Turbinen oder Telefonvermittlungen bewältigt. Der Koordinationsbedarf liberalisierter grosstechnischer Systeme verlangt dagegen vor allem informationstechnische Innovationen. Die modernen Informationsverarbeitungstechniken dienen zum Beobachten, Messen, Signalisieren und zum schnellen Lösen komplexer Berechnungen. Ihre Einführung geschieht vom Kunden oder Verbraucher fast unbemerkt, aber ohne sie könnten liberalisierte technische Infrastruktursysteme nicht funktionieren. Wenn ein funktionell integriertes grosstechnisches System in eine Vielzahl getrennter Marktakteure aufgelöst wird, dann bleiben diese Teile nach wie vor durch vielfältige Abhängigkeiten verbunden und müssen koordiniert werden, um grössere Pannen bis hin zum technischen Systemausfall zu vermeiden. Natürlich hat die Expansion der zunächst kleinen und verstreuten Telefon-, Elektrizitäts- und Eisenbahnsysteme schon immer nach Koordination verlangt. Schon 1842 wurde zum Beispiel in Grossbritannien eine Kooperationsstelle zur Abwicklung des über verschiedene Schienennetze laufenden Verkehrs gegründet. Aber die Liberalisierung hat die Koordinationserfordernisse massiv erhöht. Ohne moderne Koordinationstechnik wäre eine Politik der Liberalisierung von vornherein zum Scheitern verdammt gewesen.

Die skizzierten Veränderungen in der Organisation der Leistungsproduktion grosstechnischer Systeme wurden nicht durch technische Innovationen determiniert. Technische Innovationen haben nur die Voraussetzungen für Veränderungen geschaffen, die politisch gewollt wurden. Die meisten technischen Innovationen der letzten Jahrzehnte haben die Reichweite und die Effizienz grosstechnischer Systeme erhöht. Sie hätten sich auch ohne Entflechtung und Privatisierung innerhalb des überkommenen organisatorischen Rahmens realisieren lassen. Der entscheidende Faktor bei der organisatorischen Transformation grosstechnischer Systeme war die Liberalisierungspolitik, die im letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts nach und nach von den Ländern der OECD-Welt übernommen wurde. Dabei spielte einerseits gewiss die Verbreitung der neoliberalen Wirtschaftstheorie, der sog. Theorie effizienter Märkte eine Rolle; die Wirtschaftstheorie hat schon immer einen besonders grossen politischen Einfluss gehabt. Andererseits hatte die Politik handfeste fiskalische Beweggründe für die Liberalisierung, spülte die Privatisierung staatlicher Unternehmen doch Geld in die staatlichen Kassen, das für eine populäre Sozialpolitik dringend gebraucht wurde. Die staatlichen Privatisierungserträge,

so hat man errechnet, stiegen seit 1980 kontinuierlich an und betrugen z.B. im Jahr 1997 160 Milliarden US-Dollar. In Westeuropa war ausserdem die EU eine treibende Kraft bei der Liberalisierung, getreu ihrem Ziel der Schaffung eines gemeinsamen europäischen Marktes. Obwohl die Mitgliedsländer der EU ihr im Bereich technischer Infrastruktursysteme keine Regelungskompetenzen übertrugen, haben die EU-Kommission und der Europäische Gerichtshof gemeinsam die Mitgliedsländer zu ihrer Liberalisierung gedrängt. Die mit der Eisenbahn befasste Richtlinie 440/EWG von 1991 schränkte den Handlungsspielraum der Mitgliedsländer noch nicht wesentlich ein, doch änderte sich das mit den folgenden, 2001 in einem Eisenbahn-Paket zusammengefassten Richtlinien, die von den Mitgliedsländern bis 2003 umgesetzt werden sollten.

Die politisch gewollten und technisch ermöglichten Veränderungen in der Produktionsstruktur von Infrastrukturleistungen zogen auch Veränderungen in ihrer Regelungsstruktur nach sich. In der politikwissenschaftlichen Literatur ist es ein Gemeinplatz, dass auf Deregulierung immer Re-Regulierung folgt. Gewiss wird die Intensität staatlicher Regulierung geringer, wenn staatliche Instanzen nicht mehr Tarife und Nutzungsentgelte festlegen. Aber diese Sachverhalte werden natürlich weiterhin Regeln unterworfen – nur dass es jetzt andere Instanzen sind, die die Regeln festlegen. Gerade bei technischen Infrastrukturleistungen verlangt Marktschaffung im Interesse der Versorgungssicherheit nach Marktregulierung.

Traditionell wurden staatliche Monopolunternehmen von den zuständigen Ministerien, private Monopole im Infrastrukturbereich von unabhängigen Regulierungsbehörden (Independent Regulatory Agencies IRA) geregelt und beaufsichtigt. Mit der Privatisierung setzte sich die Regulierung durch unabhängige Behörden weiter durch; ein bekanntes Beispiel ist die Bundesnetzagentur.

Auch die Ziele und Inhalte der Regelung haben sich mit der Liberalisierung geändert. Verfolgte die staatliche Regulierung öffentlicher Monopole vor allem das Ziel, eine im öffentlichen Interesse liegende Dienstleistung zu produzieren und dabei gewisse Standards von Qualität und Kosteneffizienz zu beachten, müssen die öffentlichen Behörden, die privatisierte Infrastrukturleistungen regulieren, nach dem Willen der Politik zwei nicht immer vereinbare Ziele verfolgen: Sie müssen einerseits die Liberalisierung vorantreiben, was heute vor allem heisst, privaten Anbietern den Netzzugang zu ermöglichen. Die Regulierungsinstanzen müssen aber zweitens auch darauf achten, dass die Liberalisierung nicht unter dem Diktat des Profitmotivs die Erfüllung der Dienstleistungsfunktion beeinträchtigt. Wie gut sie insbesondere die zweite Aufgabe erfüllen, ist sehr umstritten.

Liberalisierung bedeute freie Preisgestaltung und Konkurrenz, und Konkurrenz, so heisst es, nütze dem Verbraucher, der für weniger Geld gute Qualität bekommt. Empirische Untersuchungen zeigen, dass die Privatisierung öffentlicher Unternehmen im Grossen und Ganzen positive Folgen für ihre ökonomische Effizienz und Profitabilität hat, was unmittelbar mit Rationalisierungsmassnahmen zusammenhängt, durch die auch Personal eingespart wird. Wenigstens das Telefonieren ist wirklich immer billiger geworden, und auch Reichweite und Verbindungsflexibilität sind gewachsen. Das könnte jedoch vor allem die Folge technischer Verbesserungen sein. Zumindest in Deutschland klagt man aber auch über Verzögerungen bei der Einrichtung und Reparatur neuer Telefonanschlüsse. Tatsächlich verbinden skeptische Beobachter Liberalisierung mit sinkender Dienstleistungsqualität – und manchmal sogar mit steigenden Preisen. Eindeutig kritisch fällt das Urteil vor allem hinsichtlich der Dienstleistungsqualität der britischen Eisenbahn aus. Ihre Privatisierung und gleichzeitige Entflechtung war sowohl in ökonomischer Hinsicht wie hinsichtlich der Dienstleistungsqualität ein Misserfolg. Deutschland hat offensichtlich aus dieser Erfahrung nicht gelernt und sein staatliches Monopolunternehmen ebenfalls privatisiert und teilweise entflochten. Bis zum erhofften Börsengang der Deutsche Bahn AG ist zwar der Staat alleiniger Anteilseigner, der natürlich auch am Gewinn beteiligt sein möchte. Aber nicht nur deshalb dominieren bei der DB seit Jahren ökonomische Ziele – Gewinn und Wachstum durch Zukauf – während gleichzeitig Stellwerke geschlossen werden, das Wartungspersonal verringert und der Ersatz von Zügen verzögert wird. Es mag mit technischen Besonderheiten der Eisenbahn zusammenhängen, wenn die Liberalisierung zumindest aus Sicht der Kunden derart problematische Folgen hat. Die Effekte der Liberalisierung sind offensichtlich ambivalent. Sie lassen auf jeden Fall an ihrer offiziellen Rechtfertigung zweifeln, nämlich die Verbraucher mit guter Qualität zu niedrigem Preis zu versorgen.



Renate Mayntz, geboren in Berlin, Studium in den USA (B.A. 1950) und an der Freien Universität Berlin (Dr. phil. 1953); dort auch Habilitation (1957). Erste Forschungstätigkeiten im UNESCO-Institut für Sozialwissenschaften Köln, später als DFG-Stipendiat und als Rockefeller Fellow in den USA. 1965 Ordinarius für Soziologie an der Freien Universität Berlin, 1971 an der Hochschule für Verwaltungswissenschaften Speyer, 1973 an der Universität zu Köln. Gründete 1985 das Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung (MPIfG) in Köln. Direktorin am MPIfG von 1985 bis zur Emeritierung 1997.

Forschungsschwerpunkte: Sozialwissenschaftliche Makrotheorie, vergleichende Gesellschafts- und Politikforschung, Organisations- und Verwaltungssoziologie, Techniksoziologie.

Ausländische Lehrtätigkeiten: Columbia University, New York; New School for Social Research, New York; University of Edinburgh; FLASCO (Facultad Latino-Americana de Ciencias Sociales), Santiago de Chile; Stanford University.

Ehrenpromotionen (Dr h.c.) Universität Uppsala 1977, Universität Paris X – Nanterre 1979, Europäisches Hochschulinstitut Florenz 2002.

Ehrungen und Preise: Innovationspreis des Landes NRW (Lebenswerk) 2010, Ernst Hellmut-Vits-Preis 2008, DGS-Preis für ein herausragendes wissenschaftliches Lebenswerk 2006, Arthur-Burkhardt Preis 1991, Schader-Preis 1999.

---

Renate Mayntz, Soziologin

Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung, Köln

mayntz@mpifg.de



## 3.3 SAMMELN, SORTIEREN, VERTEILEN – ORGANISATION UND AUTOMATISIERUNG AM BEISPIEL RANGIERBAHNHOF

*KILIAN T. ELSASSER*

Die Zusammenfassung von Transportbedürfnissen in Züge, die Minimierung des Rollwiderstands sowie die Möglichkeit, grosse Kapazitäten an Güter und Personen auf einer relativ kleinen Fläche zu transportieren, sind bei einem grossen Verkehrsaufkommen die ökologische und ökonomische Stärke des Systems Eisenbahn. Die enge Verzahnung von Infrastruktur und Betrieb macht die Eisenbahn zur über die Landschaft ausgebreiteten Maschine. Nachteile sind die komplexe Organisation der Zugsbildung und die Sicherstellung, dass sich immer nur ein Zug auf einem Schienenabschnitt befindet. Vor allem im Güterverkehr kommt dazu, dass die Zusammenstellung von Zügen spezielle Rangiergleise braucht. Seit den 1860er-Jahren wurden dafür spezielle Rangierbahnhöfe gebaut. 1890 kristallisierte sich die heutige Form des Rangierbahnhofs heraus, die aus einer Einfahrgruppe besteht, in der die Wagen voneinander getrennt werden, aus einer Richtungsgruppe, in der die Wagen zu neuen Zügen zusammengestellt werden und aus der Ausfahrtsgruppe, in der die neuen Züge für die Abfahrt vorbereitet werden.



Abbildung 1: Blick Richtung Richtungsgruppe des Rangierbahnhofs von 1929. Rechts vorne werden die Güterwagen den Ablaufberg hinuntergestossen, im sechseckigen Stellwerk gebremst und in das richtige Gleis in der Richtungsgruppe gewiesen. (Bild: K. Elsasser)

### *RANGIERBAHNHOF MUTTENZ SBB – EIN BEISPIEL*

Gemäss der territorialen Organisation der Eisenbahn, in der Infrastruktur und Betrieb bis heute zumeist in einer Organisation zusammengefasst sind, werden Rangierbahnhöfe so angeordnet, dass sie dem Betrieb innerhalb des jeweiligen Bahnterritoriums dienen. Oft werden die Rangierbahnhöfe an den Grenzen von einem Eisenbahnterritorium zum anderen gebaut. In der Privatbahnzeit befand sich der wichtigste Rangierbahnhof der Schweiz, jener der Schweizerischen Centralbahn (SCB), in Basel im Güterbahnhof Wolf, der 1875 eröffnet wurde. Dort wurden die Züge für die Bahnkunden der SCB und die Güterwagen für andere Destinationen für eine Übergabe an andere Bahngesellschaften zusammengestellt. Mit der Verstaatlichung der fünf grossen Privatbahnen 1902 vergrösserte sich das zu bedienende Territorium des Rangierbahnhofs in Basel. Die Anlage im Güterbahnhof Wolf genügte den Platzanforderungen nicht mehr. Dazu wuchs der Güterverkehr wegen der zunehmenden Industrialisierung vor dem Ersten Weltkrieg stark an. Die noch junge SBB begannen mit der Planung einer neuen Anlage in Muttenz. 1913 legte die SBB-Kreisdirektion in Basel ein Projekt vor, das zwei Rangier-

bahnhöfe vorsah, die Züge aus Frankreich, Deutschland und den Rheinhäfen für die Schweiz sowie den Transit neu formierte und eine Anlage projektierte, in der Züge für die verschiedenen Destination im Norden neu zusammengestellt werden konnte.<sup>11</sup> 1920 genehmigte der Verwaltungsrat der SBB einen Kredit von 37 Millionen Franken für die Realisierung eines solchen neuen Rangierbahnhofs im basellandschaftlichen MuttENZ. Das bundesrätliche Eisenbahndepartement genehmigte das Projekt 1924. Wegen der schwierigen Finanzlage der SBB wurde die nördliche Anlage, die Züge für die Staaten nördlich der Schweiz zusammenstellen sollte, zurückgestellt. Die Arbeiten gingen schnell voran, denn die SBB erhielten zusätzliche Bundessubventionen als Arbeitsbeschaffungsmassnahme. Der neue Rangierbahnhof wurde 1929 dem Verkehr übergeben. Täglich konnten nun gut 3'000 Güterwagen rangiert werden. Mit dem Rangierbahnhof in MuttENZ eröffneten die SBB den grössten Rangierbahnhof in der Schweiz und einen der modernsten in Europa. Der Rangierbahnhof wurde mit mehreren elektromechanischen Stellwerken gesteuert. Weichen und Signale konnten von den Stellwerken elektrisch gestellt werden. Die Stellwerke kommunizierten mit Lautsprecher- und einer Rohrpostanlage. Hinter dem Ablaufberg wurde eine hydraulisch gesteuerte Bremsanlage der Firma Thyssen eingebaut, mit der vom Stellwerk aus die Wagen bei zu grosser Geschwindigkeit gebremst werden konnten. Mit den Stellwerken konnten teilweise feste Fahrstrassen programmiert werden.<sup>12</sup>



Abbildung 2: Rangierbahnhof MuttENZ BL: Sicht vom Ablaufberg Richtung Richtungsgruppe um 1941 (Bild: SBB Historic)

## ***GRENZEN DER MODERNISIERUNG***

Trotz dieser hochmodernen Anlage war immer noch viel Hand- und Steuerarbeit gefragt. Die dezentrale Organisation verlangte durchdachte Abläufe, hohe technische Standards und zuverlässiges Personal, das in jeder Situation wusste, was zu tun ist. Was heute die Automatik weitgehend übernimmt, gewährleisteten früher Dienstanweisungen und Reglemente.<sup>13</sup> Die Arbeit im Rangierbahnhof lässt sich als Stafettenlauf verstehen, bei dem die Güterwagen von einem Stellwerk zu den anderen übergeben werden, wobei das übergebende Stellwerk jeweils die Verantwortung dafür trägt, dass der Wagen ohne Unfall und möglichst rasch zum nächsten Standort weitergereicht wird. In der Einfahrtsgruppe werden die ankommenden Wagen in eine Liste aufgenommen mit Angabe des Bestimmungsorts, des Gewichts und der Art des Wagens. Wagen mit unterschiedlichen Zielen werden manuell voneinander getrennt. Wenn der Zug für die Verteilung auf dem Ablaufberg bereit ist, übergibt das Stellwerk der Einfahrtsgruppe den Wagen dem Stellwerk hinter dem Ablaufberg. Dieses ist verantwortlich,

<sup>11</sup> Kreisdirektion II der SBB. Projekt zu einem neuen Rangierbahnhof in der Hard bei MuttENZ vom 14. März 1913. unveröffentlicht. Archiv SBB Historic RB MuttENZ 1908-1922 Doss: 100, Infothek 317

<sup>12</sup> Der neue Rangierbahnhof Basel der SBB auf dem MuttENZerfeld. Sonderdruck Schweizerische Bauzeitung Bd. 95, April 1930.

<sup>13</sup> Georges Hasenfratz, Arbeitsplatz Eisenbahn: Keine Technik ohne Mensch, in: Verkehrshaus der Schweiz (Hg.), Kohle, Strom und Schienen – Die Eisenbahn erobert die Schweiz, Zürich 1998, S. 308.

dass jeder Wagen in das richtige Gleis der Richtungsgruppe hinunterrollt. Sobald ein Gleis voll ist und ein neuer Zug gebildet werden kann, übernimmt das Stellwerk der Ausfahrtsgruppe die Verantwortung. Der neue Güterzug wird in die Ausfahrtsgruppe gezogen und der Zug für die Abfahrt vorbereitet. Das beinhaltet zum Beispiel Bremsproben und die visuelle Prüfung, ob die Wagen fahrtauglich sind. Nun übergibt das letzte Stellwerk im Rangierbahnhof den Zug der übergeordneten Fahrdienststelle, die die Fahrt des Zugs an den Zielbahnhof steuert und überwacht. Der Rangierbahnhof kann als Teil der Maschine Eisenbahn und damit des technischen Grosssystems Bahn bezeichnet werden. Der um 1900 entwickelte Sortier- und Verteilmechanismus von Güterwagen in einem Rangierbahnhof besteht bis heute. Einzelne Arbeitsschritte konnten automatisiert werden. Neue Anlagen, wie der Rangierbahnhof Limmattal und der in den 1920er-Jahren zurückgestellte Rangierbahnhof MuttENZ II wurden gebaut, um dem stark wachsenden Verkehr nach dem Zweiten Weltkrieg gerecht zu werden. Solche Anlagen werden von einem Stellwerk gesteuert.<sup>14</sup> Der Rangierbahnhof in MuttENZ I wurde auch schrittweise modernisiert. Seine Stellwerke funktionieren heute elektronisch. In der Richtungsgruppe werden die Wagen mit Förderwagen zwischen den Schienen zusammengestossen und nicht mehr mit Rangierlokomotiven. Die Bremsen hinter dem Ablaufberg berechnen automatisch, wie stark gebremst werden muss. Mit den verschiedenen Modernisierungsmassnahmen konnte die Betriebskapazität seit dem Bau des Rangierbahnhofs MuttENZ I bis heute von täglich 3'000 auf 5'000 Wagen gesteigert werden.<sup>15</sup> Mit einer Ausnahme kann heute ein Rangierbahnhof vollständig automatisch betrieben werden: Es fehlt immer noch die automatische Kupplung, deren Einführung in den 1960er- und 70er-Jahren auf europäischer Ebene aus politischen und gewerkschaftlichen Gründen scheiterte.<sup>16</sup>



Abbildung 3: Sicht von der Richtungsgruppe auf den Ablaufberg mit zwei Höhen, eine für den Sommer und eine für den Winter. (Foto: K. Elsasser)



Abbildung 4: Kupplung zwischen zwei Güterwagen. Die automatische UIC-Kupplung scheiterte an den politischen Anforderungen an die Technik und der Zurückhaltung der Gewerkschaften, die einen Stellenabbau befürchteten. Frankreich bevorzugte die Förderung des TGVs, der sich politisch einfacher begründen liess. (Foto K. Elsasser)

<sup>14</sup> Oskar Baumann u.a., Die grossen Bauten und Projekte der SBB, in: Eisenbahntechnische Rundschau, Heft 12 (Dezember) 1963, S. 622-657.

<sup>15</sup> Jakob Huber und Adolf Egloff, Der Grossversuch «Automatisierung des Ablaufbetriebs» im Rangierbahnhof Basel-MuttENZ I, in: Eisenbahntechnische Rundschau, 1/2 (Januar/Februar) 1970, S. 78-87.

<sup>16</sup> Kilian T. Elsasser, «Die Einführung der automatischen Kupplung erfordert langfristige Planung». Eine Geschichte des Scheiterns der europäischen Bahnen, in: Monika Burri, u.a. (Hg.), Die Internationalität der Eisenbahnen 1850-1970, Zürich, 2003, S. 285-292.

## ***ORAL HISTORY-PROJEKT RANGIERBAHNHOF BASEL I***

Im Jahr 2008 beschlossen die SBB, den Rangierbahnhof MuttENZ von 1929 grundlegend zu erneuern und zu automatisieren, so dass dieser mit der Eröffnung des Gotthard-Basistunnels wieder einer der modernsten Europas sein würde. Mit dem Projekt der Erneuerung des Rangierbahnhofs stellt sich einerseits die Frage, wie mit der historischen Substanz des Bauwerks von 1929 umgegangen werden soll. Eine Erhaltung des gesamten Areals ist weder möglich noch sinnvoll. Die Erhaltung und Einlagerung von Stellwerken und anderen Objekten trägt wenig zum Verständnis der Betriebsweise eines Rangierbahnhofs bei. Die SBB-Fachstelle für Denkmalschutzfragen und die Projektmanagement-Filiale Olten von SBB-Infrastruktur-Fahrweg beauftragten deshalb den Verfasser dieses Beitrags zusammen mit Edwin Beeler, den Betriebsablauf eines Rangierbahnhofs, der im ersten Viertel des 20. Jahrhunderts konzipiert worden war, filmisch zu dokumentieren. Das Oral History-Projekt zeigt den Prozess des semi-automatisierten Betriebs der Anlage von 1929 und der Erneuerung von 1968.<sup>17</sup> Die filmische Dokumentation hat zum Ziel, den Betriebsprozess audiovisuell-digital zu erhalten, anstatt Stellwerke, hydraulische Bremsen und Hemmschuhe einzulagern und auszustellen. Im Fokus steht die komplexe Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine, die einen rationellen, aber auch sicheren Ablauf gewährleisten muss.<sup>18</sup> Die virtuelle «Erhaltung» des Betriebs eines Rangierbahnhofs ist effizienter, da die Lagerung einer DVD einfacher ist, als die Konservierung von Stellwerken. Dazu kommt, dass ein ausser Betrieb gesetztes Stellwerk, wenig zum Verständnis beiträgt, wie die Eisenbahn funktioniert. Die Betriebskenntnisse, das implizite Wissen, wie ein Rangierbahnhof betrieben wurde, lässt sich zu einem späteren Zeitpunkt kaum noch rekonstruieren.<sup>19</sup>



Abbildung 5: Im Computerterminal der HUPAC in Busto-Arizio bei Varese werden Wechselbehälter für den nächsten Transportschritt, beispielsweise die Feinverteilung auf einen Camion, umgeladen. (Foto: K. Elsasser)

<sup>17</sup> Kilian T. Elsasser und Edwin Beeler, Betriebsablauf des Rangierbahnhofs Basel SBB I MuttENZ. DVD Juni 2009

<sup>18</sup> Kilian T. Elsasser, Der Rangierbahnhof Basel I auf dem MuttENZerfeld, in: Wege und Geschichte 2009/2, S. 26-31.

<sup>19</sup> Werner Oeder, Die Restaurierung des Gnoms als Innovationsforschung, in: Kilian T. Elsasser (Hg.) Gnom, Niklaus Riggensbach – der Bergbahnpionier und seine Zahnrad-Dampflok Gnom, Zürich, 2002, S. 109-115.



## ***CONTAINERTERMINAL STATT RANGIERBAHNHOF?***

Das Projekt einer vollständigen Erneuerung und Automatisierung des Rangierbahnhof MuttENZ<sup>20</sup> wirft aber in einer sich wandelnden Güterverkehrslandschaft weitere Fragen auf, die sich auf die Zukunft dieser Form von Güterverkehrsabwicklung beziehen. Mit der Veränderung des Gütertransports, der heute zum überwiegenden Teil nicht mehr auf der Schiene stattfindet, wurden zahlreiche Rangierbahnhöfe in der ganzen Welt geschlossen. Wird die Aufrüstung in MuttENZ zu einem hochmodernen Rangierbahnhof damit eine anachronistische Investition in ein veraltetes System oder läutet sie eine Trendwende ein für eine zukunftssträchtige Erneuerung des Systems Bahn? Die Eisenbahn hat bei der Bestimmung der Standorte einer territorialen, sowie bei der Finanzierung von Investitionen und Betriebsaufwendungen einer politischen Logik zu folgen. Die SBB können ihre Infrastruktur nur innerhalb der schweizerischen Grenzen Schweiz erneuern. Sie sind ein nationales Unternehmen, bei dem ein Grossteil der Investition durch die öffentliche Hand finanziert wird. Mit dem Neubau des Rangierbahnhofs verbessern die SBB zwar die bestehende Infrastruktur massgebend. Gleichwohl bleibt offen: Was spielt der Transport per Eisenbahngüterwagen in Zukunft für eine Rolle? Braucht es in einem europäischen Betriebsablauf im Güterverkehr auch in Zukunft einen Rangierbahnhof in Basel oder müsste dieser beispielsweise viel nördlicher in Europa liegen? Ist es sinnvoll mit dem wachsenden Güterverkehr per Container weiterhin in einen klassischen Rangierbahnhof zu investieren, der eine monopolistische Güterverkehrsstruktur von 1900 mit Stückgut-, Wagenladungs- und Blockzugverkehr aufnimmt?<sup>21</sup> Im Gegensatz zu einem Rangierbahnhof braucht ein Containerterminal, auf dem Container von der Schiene auf die Strasse gewechselt werden können, viel weniger Platz. Mit der Aufgabe von Rangierbahnhöfen wie im Limmattal oder in MuttENZ würden riesige Flächen in Zentrumsnähe von Zürich und Basel frei. Zusätzlich bieten die Wechselbehälter den Vorteil, dass Güter von Übersee nur die Transportunterlage wechseln müssen. Für den Transport der Güter per Container braucht es keine kostspieligen Investitionen in Anschlussgleise. Mit dem Verzicht auf die Anschlussgleise bleibt die Bahn in Konkurrenz mit dem Strassentransport, was den Kunden zu Gute kommen kann. Die Bahn muss die Transporte von Containerterminal zu Containerterminal so effizient anbieten, dass sich ein Umladen von der Strasse auf die Schiene und am Bestimmungsort wieder auf die Strasse lohnt. Die vermehrte Konzentration auf den Containerverkehr ist für den Schienenverkehr aber auch deshalb wichtig, damit dieser nicht auf den Transport von Massengütern, wie Stahl, Erdöl etc. reduziert wird, sondern auch der Verteilung von Fertigprodukten dient. Schon heute ist knapp die Hälfte des Transitverkehrs kombinierter Verkehr.<sup>22</sup> Die Unternehmensgruppe HUPAC alleine transportiert im Transitverkehr acht Millionen Nettotonnen Güter durch die Schweiz<sup>23</sup>, was mehr als ein Drittel der Transitgüterleistung der Bahn ausmacht. Im grenzüberschreitenden Verkehr ab 500 Kilometer Distanz besteht immer noch ein grosses unausgeschöpftes Entwicklungspotenzial bei der Verkehrsabwicklung mit Wechselbehältern. HUPAC als selbständige Firma, die mehrheitlich im Besitz von Logistik- und Transportunternehmen ist, muss sich beim Bau von Terminals nicht auf eine territoriale Logik beschränken, sondern kann diese bauen, wo sie wirtschaftlich Sinn machen.

Wie sich der Güterverkehr auf der Schiene weiterentwickeln wird, ist offen. Sicher ist, dass diese Art Verkehr aus ökologischen und finanziellen Gründen Zukunft hat und dass viel Potenzial vorhanden ist, damit der Güterschienenverkehr im harten Konkurrenzkampf noch besser bestehen kann. Wie viel und welche Art Rangierbahnhöfe in Zukunft gebraucht werden, muss sich in einem europäischen Kontext entscheiden und nicht mehr nur national.

<sup>20</sup> Hans Kaspar Schiesser. *Manual Schienengüterverkehr Schweiz – Eine Einführung für die Praxis, Politik und Medien*. Bern, 2009

<sup>21</sup> Studie des Institute di Recherche Economiche Università della Svizzera Italiana di Lugano. *Verkehrsverlagerung: Zauberformel oder Wunschenken*. Grundlagen, Trends und Thesen. 2003 im Auftrag der Spedlogswiss erstellt.

<sup>22</sup> Geschäftsbericht HUPAC 2010, Chiasso 2011

<sup>23</sup> LITRA.ch: Verkehrszahlen 2010



**Abbildung 6: Stellwerk von innen mit drei Generationen von Stellwerken. Mit dem elektro-mechanischen Stellwerk (vorne) werden Signale und Weichen elektrisch betrieben und Fahrstrassen mechanisch verriegelt. Das Relaisstellwerk Domino 69 (Mitte) ist modular aufgebaut. Die Fahrstrassen werden mit Relais geschaltet. Im Hintergrund die Bildschirme mit Gleisbild des elektronischen Stellwerks und der Bedienung mit der Maus. (Foto: K. Elsasser)**



Kilian T. Elsasser (\*1956) studierte an der Northeastern University, Boston, Public History. Er arbeitete von 1992 bis 2004 im Verkehrshaus der Schweiz in Luzern als Leiter Ausstellungen, Mitglied der Geschäftsleitung und Konservator Schienenverkehr. Heute berät er Museen, konzipiert und realisiert Ausstellungen, Gutachten und Sammlungsinventare. Er ist Länderdelegierter der Technikgeschichtlichen Tagung der Eisenbibliothek und Leiter der Arbeitsgruppe Industriekultur ICOMOS Schweiz. Er publiziert zur Geschichte der Eisenbahn und zu Themen der Museologie. ([www.museumsfabrik.ch](http://www.museumsfabrik.ch))

---

Kilian T. Elsasser, Historiker und Museologe  
Museumsfabrik Luzern, [ke@museumsfabrik.ch](mailto:ke@museumsfabrik.ch)

---

# 4

---

# 4 REFLEXION – DER ÖFFENTLICHE VERKEHR ZWISCHEN KOMPLEXITÄT UND KOLLAPS



## 4.1 MODERATION

### *ULRICH WEIDMANN*



Ulrich Weidmann (\*1963) studierte Bauingenieurwissenschaften an der ETH Zürich und promovierte 1994 zum Thema: «Der Fahrgastwechsel im öffentlichen Personenverkehr». Von 1994 bis 2004 war er in verschiedenen Abteilungen der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) tätig, zuletzt als Bereichsleiter Engineering Bahnsystem in der Division Infrastruktur. Seit 2004 ist Ulrich Weidmann ordentlicher Professor für Verkehrssysteme am Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme der ETH Zürich. Seine persönlichen Schwerpunkte betreffen die Verkehrspolitik, das Innovationsmanagement und die technische Normierung. Er hat mehrere Mandate in Vereinigungen und Unternehmen des öffentlichen Verkehrs und der Verkehrsinnovation sowie in Ausbildungsstätten für Verkehrsingenieure inne.

---

Ulrich Weidmann, Verkehrswissenschaftler  
ETH Zürich, [weidmann@ivt.baug.ethz.ch](mailto:weidmann@ivt.baug.ethz.ch)

## 4.2 WARTEN ODER NICHT WARTEN? – KUNDENORIENTIERTES VERSPÄTUNGSMANAGEMENT UND DESSEN KOMPLEXITÄT

ANITA SCHÖBEL

«Meine Damen und Herren, unser Zug hat derzeit leider eine Verspätung von 15 Minuten, so dass wir Göttingen voraussichtlich um 17.16 Uhr erreichen werden. Über Ihre Anschlussverbindungen in Göttingen werden wir Sie noch rechtzeitig informieren.» Ähnliche Durchsagen hat wohl jeder Bahnreisende schon einmal gehört. Ist Göttingen der Endbahnhof der Reise, ist so eine Verspätung lediglich lästig. Möchte ein Fahrgast aber noch in einen anderen Zug umsteigen, beginnt für ihn oft eine Zitterpartie: Wird mein Anschlusszug warten? Werde ich es schaffen, wenn ich schnell zum Abfahrtsgleis renne? Wie komme ich weiter, wenn ich den Zug nicht mehr erreiche?

In der Bundesrepublik Deutschland wird die Entscheidung, ob ein Zug auf einen verspäteten Zubringer warten soll oder nicht, derzeit in den Dispositionszentralen der Deutschen Bahn getroffen. Für Göttingen zuständig ist die Dispositionszentrale in Hannover. Bei ihren Entscheidungen greifen die Disponenten auf feste Wartezeitregeln (und ihre oft langjährigen Erfahrungen) zurück. Bei einem Gesamtumfang von täglich 33'000 Zügen auf mehr als 34'000 km Gleisen lässt sich aber leicht vorstellen, dass die Auswirkungen von (sich teils gegenseitig beeinflussenden) Dispositionsentscheidungen kaum überschaubar sind. Schon bei einem einzigen Anschluss mit einem verspäteten Zubringerzug und einem einzigen Abbringer müssen verschiedene Kundengruppen betrachtet werden: Wie viele Passagiere wollen umsteigen? Wann fährt der nächste Anschlusszug? Wie viel Verspätung muss der Abbringer-Zug in Kauf nehmen, wenn er wartet? Ist das nachfolgende Gleis zu der späteren Abfahrtszeit überhaupt frei? Wie viele Passagiere sitzen in dem Abbringer und werden sie wiederum nachfolgende Anschlüsse erreichen?

Um solch ein komplexes System mit allen seinen Einschränkungen und Übertragungen besser zu verstehen und darauf basierend «gute» Dispositionsentscheidungen treffen zu können, wurde in einer der an unserem Institut durchgeführten Studien <sup>24</sup> das folgende mathematische Modell zur Anschlusssicherung für den Zugverkehr (basierend auf <sup>25</sup>) entwickelt. Für die relevante Forschungsliteratur zur weiteren Beschäftigung mit dem Thema wird im Folgenden jeweils auf die Fussnoten verwiesen.

### MODELL

Im Fall von (unvorhergesehenen) Quellverspätungen geht es darum, den geplanten Fahrplan möglichst schnell zu einem Dispositionsfahrplan anzupassen. Dieser soll die aus den Quellverspätungen resultierenden Folgeverspätungen möglichst gering halten. Dazu müssen zwei grundsätzliche Typen von Entscheidungen getroffen werden:

- Warten oder nicht warten (Anschlusskonflikte): Soll ein Anschlusszug auf einen verspäteten Zubringerzug warten oder soll er pünktlich abfahren?
- Prioritätsentscheidung (Belegungskonflikte): Welcher Zug darf zuerst auf welches Gleis?

In dem in Göttingen erarbeiteten Optimierungsmodell werden diese beiden Entscheidungen aus Sicht der Passagiere betrachtet. Das Ziel besteht darin, einen Dispositionsfahrplan zu finden, bei dem die Auswirkungen von Quellverspätungen auf die Passagiere so gering wie möglich ausfallen. Konkret ist das Ziel dabei, die durchschnittliche Verspätung der Passagiere bei Ankunft an ihren Zielbahnhöfen zu minimieren. Um die wesentlichen Einflüsse von Zugverspätungen darzustellen, definiert man ein Ereignis-Aktivitäts-Netzwerk (siehe Abb.2), in dem jede Abfahrt und jede Ankunft eines Fahrzeuges an einem Bahnhof als Knoten dargestellt wird. Ereignis-Aktivitätsnetzwerke wurden für die Modellierung von Fahrplänen schon z.B. in <sup>26</sup> verwendet und in <sup>27</sup> auf das Anschlusssicherungsproblem übertragen.

<sup>24</sup> M. Schachtebeck und Schöbel, A. (2009) To wait or not to wait and who goes first? Delay Management with Priority Decisions, *Transportation Science*, Band 44, No. 3, S. 307-321.

<sup>25</sup> A. Schöbel (2001) A Model for the Delay Management Problem based on Mixed-Integer Programming, *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, Band 50, No. 1.

<sup>26</sup> K. Nachtigall (1998) *Periodic Network Optimization and Fixed Interval Timetables*, PhD thesis, University of Hildesheim.

<sup>27</sup> A. Schöbel (2006) *Optimization in public transportation. Stop location, delay management and tariff planning from a customer-oriented point of view, Optimization and Its Applications*, Springer, New York.

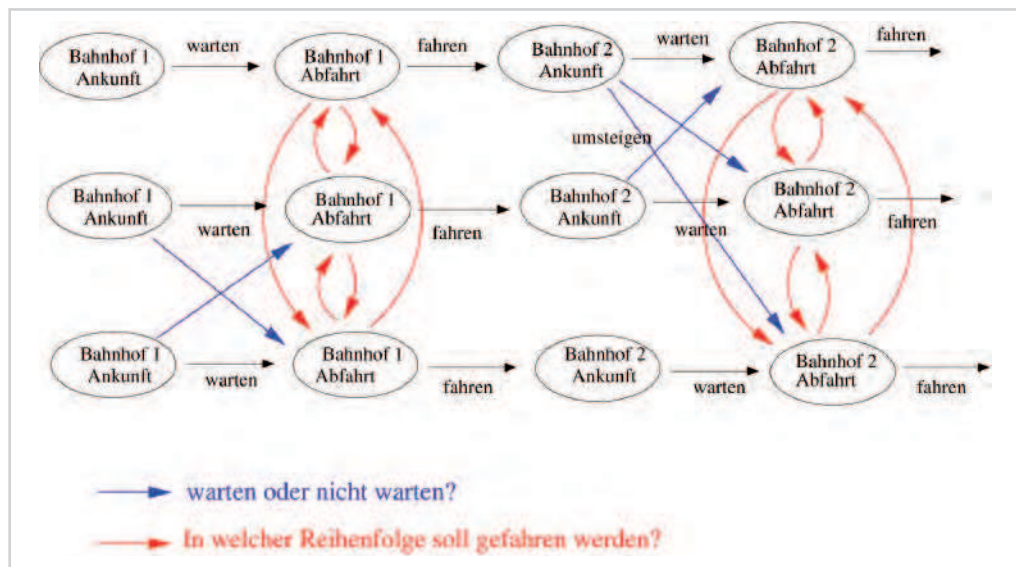


Abbildung 1: Ein Ereignis-Aktivitätsnetzwerk für drei Fahrzeuge an zwei Haltestellen

Diese Ereignisse sind durch Aktivitäten miteinander verbunden. Sie stellen die Beziehungen zwischen den Ereignissen dar. Man unterscheidet verschiedene Typen von solchen Aktivitäten:

- Fahraktivitäten modellieren die Fahrt eines Zuges zwischen einer Abfahrt und einer Ankunft
- Warteaktivitäten modellieren die Zeit am Bahnhof, die ein Zug zwischen seiner Ankunft und seiner Abfahrt dort verbringt und
- Umsteigeaktivitäten modellieren das Umsteigen der Fahrgäste. Sie verbinden also die Ankunft eines Fahrzeuges an einer Haltestelle mit der Abfahrt eines anderen Fahrzeuges an derselben Haltestelle.

Um Kapazitätsrestriktionen zu modellieren sind *Zugfolgezeit-Aktivitäten* nötig, die sicherstellen, dass der Sicherheitsabstand zwischen aufeinander folgenden Zügen eingehalten wird und dass sich auf eingleisigen Strecken keine Züge begegnen. Details zu den Zugfolge-Aktivitäten finden sich in <sup>28</sup>.

Für jede Aktivität  $a$  bestimmt man ihre technisch mindestens nötige Zeitdauer  $L_a$ . Bei Fahraktivitäten ist das z.B. die Zeit, die ein Fahrzeug mindestens braucht, um die Entfernung zwischen den Haltestellen zurückzulegen, bei Umsteigeaktivitäten ist es die Zeit, die die Passagiere zum Umsteigen benötigen. Jede Aktivität stellt sicher, dass das Endereignis der Aktivität erst stattfinden kann, wenn ihr Startereignis bereits stattgefunden hat und die technisch mindestens nötige Zeitdauer verstrichen ist. Damit wird gewährleistet, dass sich Verspätungen im Modell richtig übertragen. Weitere Zusammenhänge, wie z.B. die Umläufe der Fahrzeuge können durch die Einführung entsprechender Aktivitäten analog modelliert werden.

Um nun das Anschlusssicherungsproblem in Formeln zu packen, definiert man drei Typen von Variablen: Die Variablen  $x_i$  werden für jedes Ereignis  $i$  definiert und geben die Zeit an, in der das Ereignis im zu bestimmenden Dispositionsfahrplan stattfinden soll. Um die Warten/Nicht-Warten-Entscheidungen einzubeziehen, definiert man für jede Umsteigeaktivität  $a$  eine boolesche Variable  $z_a$ , die den Wert 0 annimmt, wenn die Umsteigeverbindung gehalten wird und den Wert 1, wenn das nicht der Fall ist. Die dritte Klasse von Variablen bezieht sich auf die Prioritätsentscheidungen und stellt sicher, dass die Kapazitätsrestriktionen der Gleise berücksichtigt werden. Für je zwei Abfahrtsereignisse  $i, j$  definiert man  $g_{ij}=0$  falls Ereignis  $i$  vor Ereignis  $j$  stattfinden soll, 1 sonst. Das resultierende Modell lässt sich mit diesen Variablen wie folgt aufschreiben.

<sup>28</sup> A. Schöbel (2009) Capacity constraints in delay management, Public Transport, Band 1, No. 2, S. 135 – 154.

$$\text{Minimiere } T \sum_a w_a z_a + \sum_i w_i x_i$$

so dass

- (1)  $x_i \geq t_i$  für alle Ereignisse  $i$
  - (2)  $x_j - x_i \geq L_a$  für alle Fahr- und Wartekanten  $a = (i, j)$
  - (3)  $M z_a + x_j - x_i \geq L_a$  für alle Umsteigekanten  $a = (i, j)$
  - (4)  $M g_{ij} + x_j - x_i \geq L_a$  für alle Zugfolgekanten  $a = (i, j)$
  - (5)  $g_{ij} + g_{ji} = 1$  für alle Zugfolgekanten  $a = (i, j)$
- $z_a, g_{ij}$  boolsch,  $x_i$  ganzzahlig

Dabei bezeichnet  $t_i$  die laut Fahrplan geplante Zeit für Ereignis  $i$ , zu der man die derzeit bekannten Quellverspätungen an einzelnen Ereignissen addiert.  $w_i$  und  $w_a$  sind Angaben darüber, wie viele Passagiere Ereignis  $i$  bzw. Aktivität  $a$  benutzen möchten. Die Zielfunktion beschreibt damit eine Approximation an die Summe der Verspätungen aller Passagiere: Für jeden verpassten Anschluss ( $z_a=1$ ) werden für jeden Passagier Strafkosten von  $T$  addiert. Als Strafkosten kann man z.B. die Zeit, bis der nächste Zug in die gewünschte Richtung fährt, wählen.

Die Bedeutung der Nebenbedingungen ist die folgende: Die erste Klasse von Nebenbedingung stellt sicher, dass kein Zug früher abfahren kann als geplant und dass die auftretenden Quellverspätungen berücksichtigt werden. Bedingungen (2), (3) und (4) gewährleisten die oben beschriebene Verspätungsübertragung entlang von Fahr- und Wartekanten, Umsteigekanten und Zugfolgekanten. Dabei findet in (3) eine Verspätungsübertragung nur statt, wenn  $z_a=0$  ist, der entsprechende Anschluss also gehalten wird. Dazu wird der Parameter  $M$  als eine Zahl gewählt, die mindestens so groß wie die größte auftretende Quellverspätung ist. Analog findet eine Verspätungsübertragung in (4) nur statt, wenn das Ereignis  $i$  vor dem Ereignis  $j$  stattfindet. Nebenbedingungen (5) stellen sicher, dass eine Prioritätsentscheidung für jedes Paar von Ereignissen getroffen wird. Die Bedingungen (4) und (5) werden zusammen auch als Kapazitätsrestriktionen bezeichnet.

## LÖSUNGSVERFAHREN UND KOMPLEXITÄT

An einer einzelnen Haltestelle wäre das Problem einfach zu lösen: Man könnte die wenigen Möglichkeiten der Entscheidungen durchprobieren, jeweils die sich ergebende durchschnittliche Verspätung der Fahrgäste berechnen und die beste Lösung wählen. In einem größeren Verkehrsnetz kann sich eine einzelne Verspätungen aber wie in einem Schneeballsystem auf viele andere Ereignisse übertragen, so dass eine einzelne Entscheidung oft Auswirkungen auf viele andere Entscheidungen hat. Die sich ergebenden Probleme an den Haltestellen können folglich nicht unabhängig voneinander gelöst werden. Man kann nachweisen, dass das Anschlusssicherungsproblem zu der Klasse der sogenannten NP-schweren Probleme gehört (siehe <sup>29</sup>). Dabei erhöhen die Kapazitätsrestriktionen die Komplexität und beeinflussen auch insbesondere die praktische Rechenzeit, da es sehr viele solcher Restriktionen gibt, sie die Übertragungswahrscheinlichkeit von Verspätungen stark erhöhen und mathematisch zu sogenannten disjunktiven Bedingungen führen, die nur schwer handhabbar sind.

Dennoch lässt sich das Anschlusssicherungsproblem bis zu einer Größe vom Harzgebiet in wenigen Minuten optimal lösen. Zum Lösen größerer Beispiele muss man Spezialverfahren entwickeln. Dazu betrachtet man zunächst das Problem ohne Kapazitätsrestriktionen. Hierfür hat sich ein in <sup>30,31</sup> speziell für das Anschlusssicherungsproblem entwickeltes Verzweigungsbaumverfahren bewährt, in dem die Struktur des Problems zum Auffinden von guten Schranken ausgenutzt wird.

<sup>29</sup> M. Gatto, Jacob, R., Peeters, L. und Schöbel, A. (2005) The Computational Complexity of Delay Management, Lecture Notes in Computer Science, Graph-Theoretic Concepts in Computer Science: 31st International Workshop (WG 2005), Band 3787, Editor D. Kratsch.

<sup>30</sup> A. Schöbel (2007) Integer Programming approaches for solving the delay management problem, Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Algorithmic Methods for Railway Optimization, No. 4359, Springer, S. 145 – 170.

<sup>31</sup> A. Schöbel (2006) Optimization in public transportation. Stop location, delay management and tariff planning from a customer-oriented point of view, Optimization and Its Applications, Springer, New York.

Möchte man das Problem mit den Kapazitätsrestriktionen lösen, so muss man auf Heuristiken zurückgreifen. Diese Heuristiken legen in einem ersten Schritt die Prioritätsentscheidungen fest und lösen in einem zweiten Schritt dann das dadurch entstehende Anschlusssicherungsproblem ohne Kapazitätsrestriktionen. Als Heuristiken im Schritt 1 kann man z.B. Varianten von *first-scheduled-first-served* betrachten, bei denen die im ursprünglichen Fahrplan geplante Reihenfolge eingehalten wird, oder man orientiert sich an der Reihenfolge in einem ohne Kapazitätsrestriktionen berechneten Dispositionsfahrplan. Weitere Varianten sind möglich, siehe <sup>32,33</sup>.

Es ist zu bemerken, dass das Ergebnis zunächst einen Dispositionsfahrplan in einem *Makro-Modell* berechnet. Anschließend müssen noch weitere Details einbezogen werden, um z.B. sämtliche Sicherheitsrestriktionen zu gewährleisten <sup>34</sup>.

## ERWEITERUNGEN

In der Disposition gibt es nach wie vor viele aus praktischer Sicht wichtige und aus theoretischer Sicht spannende Forschungsfragen. Diese betreffen die Integration mit anderen Planungsschritten, ein realistischeres Modellieren des Passagierverhaltens, die Modellierung und Lösung des Anschlusssicherungsproblems als Online-Problems und Robustheitsüberlegungen.

Bei der Integration mit anderen Planungsschritten ist es interessant zu untersuchen, in wie weit die Umlaufplanung gemeinsam mit dem Anschlusssicherungsproblem behandelt werden kann. Macht es Sinn, Umläufe zu verändern, um so die Ausbreitung von Verspätungen zu verhindern? Vorüberlegungen hierzu finden sich in <sup>35</sup>. Weiterhin wäre es sinnvoll, die Gleisbelegung in den Bahnhöfen mit in das Problem einzubeziehen. Ein erster Schritt hierzu ist durch die Optimierung der Wahl des entsprechenden Haltegleises in <sup>36</sup> gelungen. Ebenso gibt es inzwischen Modelle, die erlauben, den jeweils günstigsten Weg für die Passagiere zusammen mit den Warten/Nicht-Warten-Entscheidungen zu bestimmen. In <sup>37</sup> wird hierzu ein Modell entwickelt und anhand von Daten der niederländischen Bahn gezeigt, dass das man damit die Entscheidungen im Anschlusssicherungsproblem verbessern kann.

Die Modellierung eines meist vereinfachten Anschlusssicherungsproblems als Online-Problem wurde unter anderem in <sup>38,39,40,41</sup> behandelt. Insbesondere konnte <sup>42</sup> nachweisen, dass die Online-Variante schon in einfachen Fällen zu einer Klasse besonders schwieriger Probleme (der sogenannten PSPACE schweren Probleme) gehört. Überlegungen zur Robustheit von Fahrplänen finden sich unter anderem in <sup>43</sup>, siehe hier insbesondere <sup>44,45</sup>. Eine empirische Analyse verschiedener Robustheitskonzepte wurde in <sup>46</sup> untersucht.

<sup>32</sup> M. Schachtebeck (2010) Delay Management in Public Transportation: Capacities, Robustness, and Integration, Doktorarbeit, Universität Göttingen, Göttingen.

<sup>33</sup> M. Schachtebeck und Schöbel, A. (2010) To wait or not to wait and who goes first? Delay Management with Priority Decisions, *Transportation Science*, Band 44, No. 3, S. 307 – 321.

<sup>34</sup> N. Bissantz, Güttler, S., Jacobs, J., Kurby, S., Schaer, T., Schöbel, A. und Scholl, S. (2005) DisKon - Laborversion eines flexiblen, modularen und automatischen Dispositionsassistenzsystems, *Eisenbahntechnische Rundschau (ETR)*, Band 45, No. 12, S. 809 – 821.

<sup>35</sup> H. Flier, Nunkesser, M., Schachtebeck, M. und Schöbel, S. (2007) Integrating Rolling Stock Circulation in the delay management problem, Preprint-Reihe, Institut für Numerische und Angewandte Mathematik, Universität Göttingen, Göttingen.

<sup>36</sup> T. Dollevoet, Schmidt, M. und Schöbel, A. (2011) Delay Management including Capacities of Stations, *Proceedings of ATMOS10, OpenAccess Series in Informatics (OASIS)* 20, Alberto Caprara and Spyros Kontogiannis (editors), pp. 88-99.

<sup>37</sup> T. Dollevoet, Huisman, D., Schmidt, M. und Schöbel, A. (2009) Delay Management with Re-Routing of Passengers, *ATMOS 2009, Dagstuhl Seminar Proceedings*, Editors Jens Clausen and Gabriele Di Stefano, <http://drops.dagstuhl.de/opus/volltexte/2009/2143>.

<sup>38</sup> A. Berger, Hoffmann, R., Lorenz, U. und Stiller, S. (2011) Online railway delay management: hardness, simulation and computation, *Simulation*, Band 87, No. 7, S. 616 – 629.

<sup>39</sup> S. Krumke, Thielen, C. und Zeck, C. (2011) Extensions to online delay management on a single train line: new bounds for delay minimization and profit maximization, *Mathematical Methods of Operations Research*, S. 1 – 23.

<sup>40</sup> N. Klierer und Suhl, L. (2010) A Note on the Online Nature of the Railway Delay Management Problem, *Networks*, Vol. 57, S. 28 – 37.

<sup>41</sup> M. Gatto (2007) On the Impact of Uncertainty on Some Optimization Problems: Combinatorial Aspects of Delay Management and Robust Online Scheduling, Doktorarbeit ETH Zürich, Zürich.

<sup>42</sup> A. Berger, Hoffmann, R., Lorenz, U. und Stiller, S. (2011) Online railway delay management: hardness, simulation and computation, *Simulation*, Band 87, No. 7, S. 616 – 629.

<sup>43</sup> R. K. Ahuja, Möhring, R.H. und Zoroliagis, C.D. (Editors) (2009) Robust and online large-scale optimization, *Lecture Note on Computer Science*, Band 5868, Springer.

<sup>44</sup> M. Fischetti und Monaci, M. (2009) Light Robustness, Robust and online large-scale optimization, *Lecture Note on Computer Science*, Editors R. K. Ahuja, R.H. Möhring und C.D. Zoroliagis, Springer, S. 61 – 84.

<sup>45</sup> C. Liebchen, Lübbecke, M., Möhring, R.H. und Stiller, S. (2009) The concept of recoverable robustness, linear programming recovery, and railway applications, Robust and online large-scale optimization, *Lecture Note on Computer Science*, Editors R. K. Ahuja, R.H. Möhring und C.D. Zoroliagis, Band 5868, Springer.

<sup>46</sup> M. Goerigk und Schöbel, A. (2010) An Empirical Analysis of Robustness Concepts for Timetabling, *Proceedings of ATMOS10, OpenAccess Series in Informatics (OASIS)*, Band 14, Editors T. Erlebach und Marco Lübbecke, S. 100 – 113.



## ZUSAMMENFASSUNG

Die Diskrete Optimierung ist ein Teilgebiet auf der Schnittstelle von Mathematik und Operations Research, das in den letzten Jahren immense Fortschritte in der Entwicklung und Anwendung von Algorithmen gemacht hat. Am Beispiel der Anschlusssicherung wurde aufgezeigt, wie Methoden der diskreten Optimierung helfen können, den öffentlichen Verkehr unter gleich bleibendem Budget für die Fahrgäste zu verbessern und wie man die entstehenden Komplexitäten analysieren kann.



Anita Schöbel studierte Mathematik an der Technischen Universität Kaiserslautern. Nach ihrer Promotion im Jahr 1998 baute sie im Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik den Schwerpunktbereich «Verkehr» auf und habilitierte sich im Jahr 2003 zum Thema «Kundenorientierte Planung im öffentlichen Verkehrs». Seit 2004 ist sie Professorin für Optimierung an der Fakultät für Mathematik und Informatik der Georg-August-Universität Göttingen. Ihre Forschungsinteressen sind diskrete, robuste und multikriterielle Optimierungen mit Anwendung im Bereich des öffentlichen Verkehrs. Hier arbeitet sie im Rahmen von Projekten (gefördert u.a. von der Europäischen Union) mit verschiedenen Eisenbahngesellschaften zusammen. Ihre Arbeit über Verspätungsmanagement in Zusammenarbeit mit der Deutschen Bahn wurde 2007 mit dem Klaproth-Preis ausgezeichnet.

---

Anita Schöbel, Mathematikerin

Georg-August-Universität Göttingen, [schoebel@math.uni-goettingen.de](mailto:schoebel@math.uni-goettingen.de)

## 4.3 ANSCHLUSS VERPASST? – HAT DER TAKTFAHRPLAN EINE ZUKUNFT?

WERNER STOHLER

### WAS IST EIN TAKTFAHRPLAN?

Die Frage nach der Zukunft zieht unmittelbar die Frage nach sich: Aus welcher Vergangenheit kommt der Taktfahrplan? Und: Wie lautet eigentlich die Definition eines Taktfahrplans? Mit Sicherheit werden in verschiedenen Ländern ganz unterschiedliche Antworten zutage treten, etwa:

- Abfahrten in der Hauptstadt immer zur gleichen Minute, Ankünfte je nach Anzahl Zwischenhalte:

Paris	6.16	6.42	7.16	8.16	9.15	10.15	11.16
Marseille	9.34	9.58	10.34	11.19	12.35	13.21	14.35
Paris	13.16	14.16	14.46	15.16	16.16	16.46	17.16
Marseille	16.34	17.21	17.58	18.34	19.22	19.58	20.34
Paris	18.16	18.46	19.16	20.16	20.44	21.16	
Marseille	21.22	21.58	22.34	23.26	00.03	00.35	

Abbildung 1: Identische Abfahrtsminuten, variable Ankunftsminuten

- jede Stunde ein Zug, aber variable Minutenzahlen:

Köln Deutz*	5.18	6.44	7.44	8.10	8.44	9.37	9.45
Frankfurt Hbf	6.48	7.48	8.48	9.41	9.48	10.41	10.48
Köln Deutz*	10.30	11.44	12.29	13.44	14.44	15.44	16.44
Frankfurt Hbf	11.48	12.48	13.44	14.48	15.48	16.48	17.48
Köln Deutz*	17.44	18.44	19.30				
Frankfurt Hbf	18.48	19.48	20.48				
* weitere Züge ab Köln Hbf							

Abbildung 2: Ein Zug alle Stunde, variable Abfahrtsminuten

- wenn ein Zug verkehrt, dann mit identischen Minutenzahlen (Abb. 3)

Caen	5.08	6.08	7.08	7.42	8.58	10.08	11.58
Paris St. Lazare	7.16	8.18	8.58	9.57	10.46	12.16	13.45
Caen	13.08	14.08	14.58	16.08	17.08	17.58	18.58
Paris St. Lazare	15.16	16.16	16.45	18.16	19.16	19.45	20.45
Caen	19.58	20.08	21.28				
Paris St. Lazare	21.45	22.16	23.16				

Abbildung 3: Gleiche Abfahrtsminute für zwei unterschiedliche Zugkategorien



- dichte Zugfolge in den Spitzenstunden
- etc.

Eine saubere Definition geht nicht ohne ein bisschen Mathematik:

- Taktfahrplan einer Linie: Die Züge folgen sich in Richtung und Gegenrichtung in einer festen Minutenfolge und bilden damit zeitlich fixe Symmetrieachsen (Abb. 4).

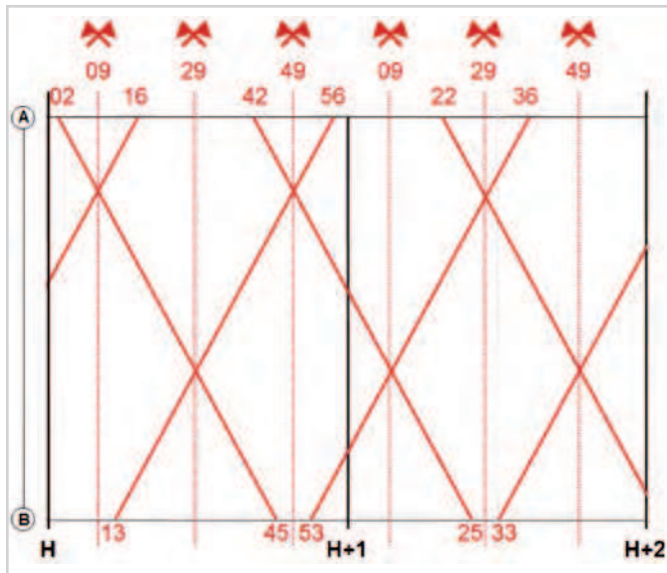


Abbildung 4: Taktfahrplan einer Linie (40-Minuten-Takt)

- Stundentakt: Die Züge folgen sich stündlich mit stündlich identischen Minutenzahlen. Richtung und Gegenrichtung bilden wiederum Symmetrieachsen, nämlich im halben Zeitabstand der Taktfolgezeit. Eventuell verkehren mehrere Zugkategorien auf derselben Strecke, siehe schwarze Linie in Abbildung 5.

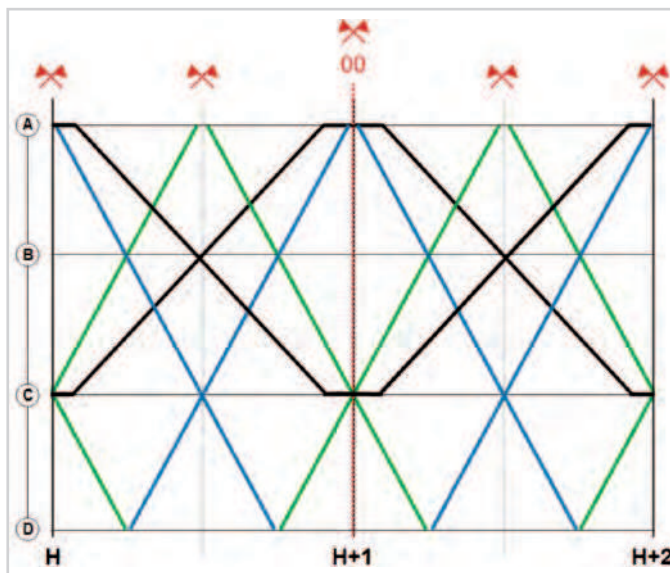


Abbildung 5: 2 schnelle Linien im 30-Minutentakt und Symmetrieminuten 00 und 30 in A und C, 15 und 45 in B sowie 1 langsame Linie jede Stunde mit Symmetrieminuten 00 und 30 in A, B und C

- Integraler Taktfahrplan:
- Netzweit identische Symmetriezeit aller Züge (in Europa weit verbreitet, aber noch nicht überall die Symmetriezeit 00 für Züge im Zweistundentakt)
- Anschlüsse in Richtung und Gegenrichtung in ausgewählten Knotenbahnhöfen, die an einem Kreuzungspunkt auf einer Symmetrieachse liegen (Abb. 6):

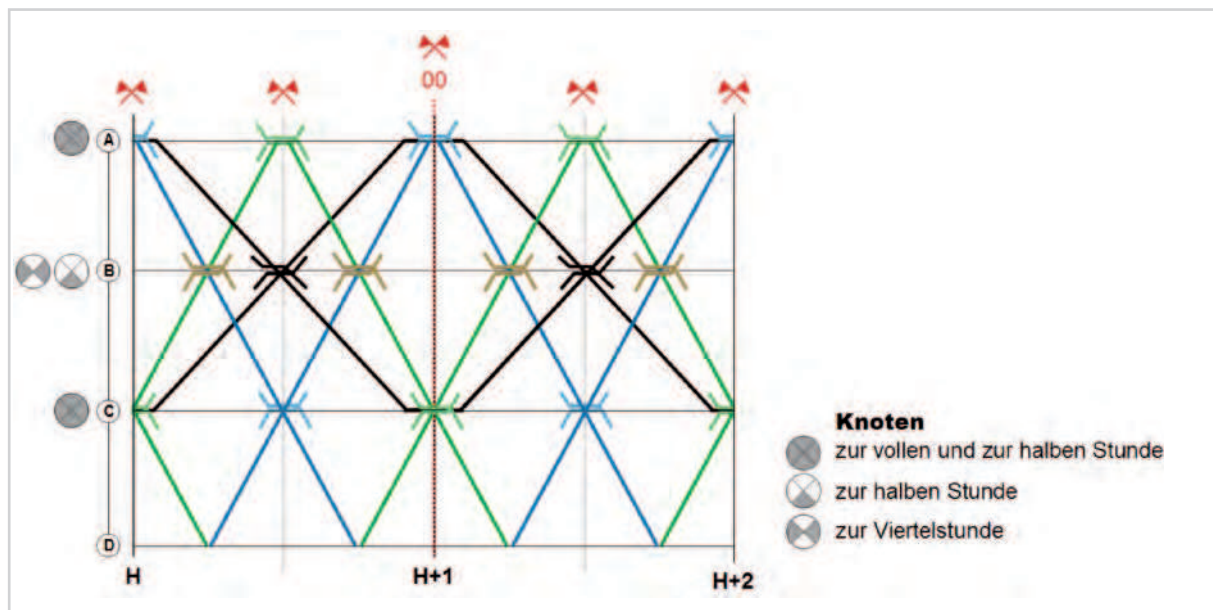


Abbildung 6: Das System der Knotenbahnhöfe

In der Schweiz bekanntgeworden sind die Knotenbahnhöfe der Bahn 2000 im Stunden- oder Halbstundenabstand als Resultat gezielter Investitionen in Fahrzeitenkürzungen. Ähnliche Konstellationen findet man in Deutschland auf der Achse Köln Hbf (volle Std.) – Mannheim (halbe Std.) – Karlsruhe (volle Std.) – Freiburg (volle Std.) – Basel SBB (volle Std.) und anderswo.

### WARUM TAKTFAHRPLÄNE?

Doch warum macht man eigentlich Taktfahrpläne? Es ging doch früher anders und noch heute gibt es vielerorts andere Angebotsformen?

Der Fahrplan ist das Interface zwischen dem Verkehrsmarkt und der Eisenbahntechnik, wie Abb. 7 illustriert:

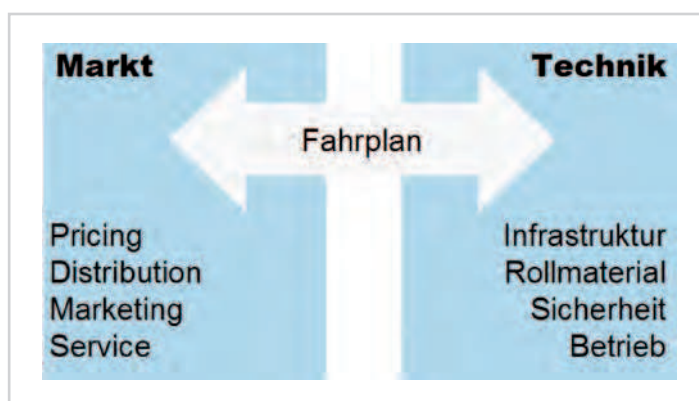


Abbildung 7: Der Fahrplan als Klammer zwischen Markt und Technik

Das «Produkt Taktfahrplan» soll für den Benutzer eine tiefe Eintrittsschwelle schaffen: Der Fahrplan muss einfach merkbar sein, in den Bahnhöfe sollen die Anschlüsse funktionieren, der Tarif soll für alle Züge gleich sein, die Preisbildung so ähnlich wie möglich wie bei der Nutzung des Autos, also eine Eintrittsgebühr (entspricht dem Autokauf) und niedrige Marginalkosten (entspricht dem Benzin). Die Antwort der Schweizer Bahnen auf diese letzteren Anforderungen war ein preiswertes Halbtaxabonnement und das Generalabonnement (GA) mit Marginalkosten null (vgl. Abb. 8).

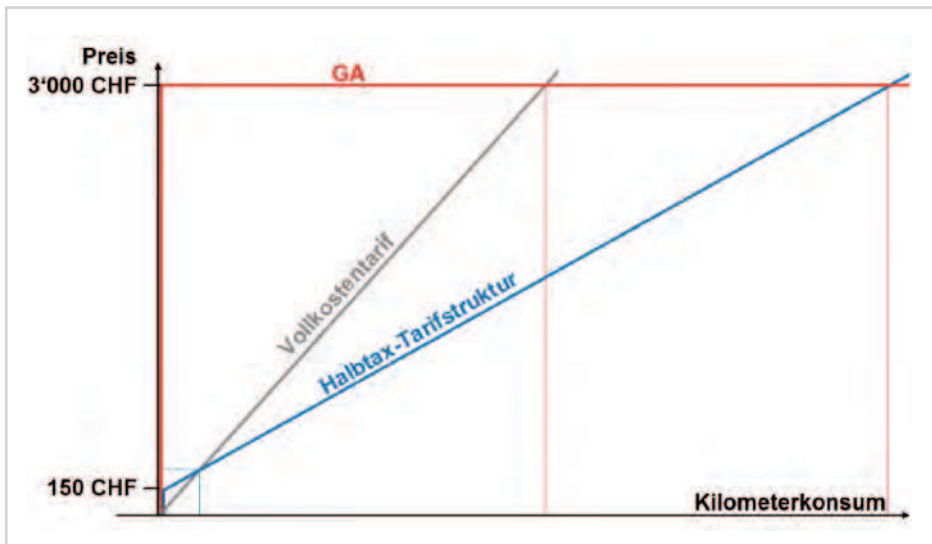


Abbildung 8: Tarifstrukturen in der Schweiz

Das «Produkt Taktfahrplan» erlaubt auf der Technikseite eine moderne, repetitive Fließband-Produktion. Wenn es um Netzausbauten geht, dann können diese präzise und damit kostenoptimal platziert werden wie etwa die Kreuzungsstellen der Rhätischen Bahn auf der Albulalinie zeigen.

Der Taktfahrplan ist also nie Selbstzweck, sondern ein «Mobilitätsprodukt», das

- die Nutzung der Bahn einfach macht,
- industrielle, repetitive Abläufe ergibt, also tendenziell eine kostengünstige Produktionsweise erlaubt,
- gezielte Ausbauten ermöglicht, also auch kostengünstige Zukunfts-Investitionen.

Jetzt zurück zur Frage: Hat der Taktfahrplan eine Zukunft? Die Antwort fällt logischerweise sehr differenziert aus. Alles hängt davon ab, wie der Reisemarkt zusammengesetzt ist, welche Fahrtenmotive angepeilt werden sollen, wie gross die täglichen und wöchentlichen, allenfalls sogar jahreszeitlichen Schwankungen ausfallen.

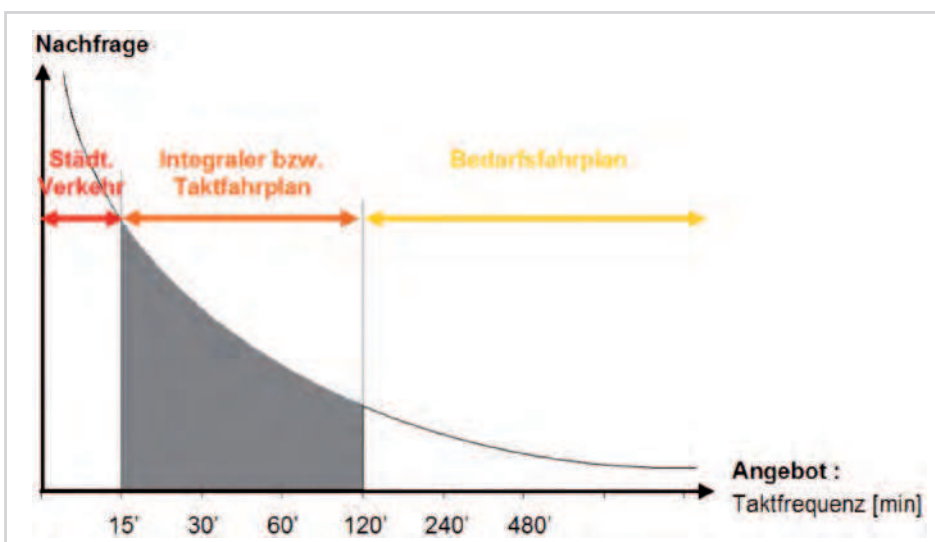


Abbildung 9: Anwendungsfälle entsprechend der Nachfrage

Fangen wir bei Abb. 9 rechts an. Wenn eine Reise fünf und mehr Stunden dauert, dann ist die Nachfrage nach Bahnverkehr klein, die Konkurrenz durch die Luftfahrt gross. Es wird nie genug Reisende für einen Taktfahrplan geben. Auch will niemand viel später als Mitternacht am Ziel ankommen, dadurch ist die letzte vernünftige Abfahrtsstunde gegeben, wie an den folgenden zwei Beispielen aus Spanien und Norwegen veranschaulicht wird:

14.20	↓	Madrid	↑	21.08
21.58	↓	La Coruña	↑	13.20
7.38	↓	Trondheim	↑	22.10
17.28	↓	Bodo	↑	12.15

Abbildung 10: Tagesverbindung mit langer Fahrzeit

Je kürzer die Reisedistanz, umso mehr Züge sind nötig, um die Nachfrage abzudecken. Das ergibt wieder eine fast identische Kurve wie vorher:

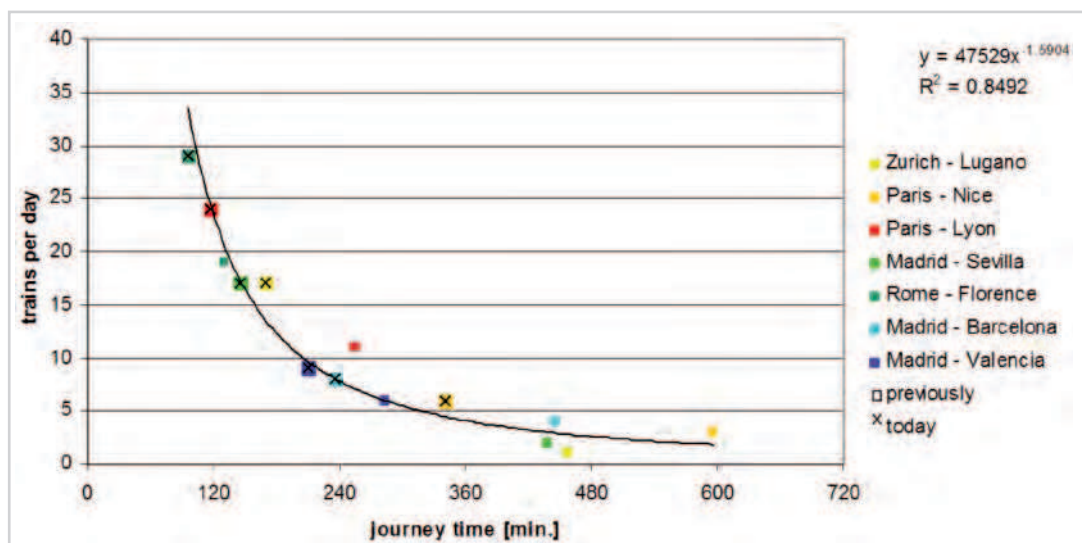


Abbildung 11: Anzahl Fahrten pro Tag gegenüber der Fahrzeit

Ein schönes Beispiel dafür ist die Verbindung Paris–Marseille. Verkehrten vor dem TGV-Zeitalter noch sieben Züge pro Tag und Richtung mit einer Reisezeit von rund sieben Stunden, so sind es heute 16 Abfahrten im Stundentakt, mit rund drei Stunden Fahrzeit. Dort, wo weniger Züge pro Tag fahren, beispielsweise zwischen Zürich und München, ist man gezwungen, sich auf Taktminuten festzulegen, weil die dichten Streckenbelegungen in der Schweiz und im Zulauf nach München gar keine andere Lösung zulassen.

Am anderen Extrem liegt der Übergang zu einem der Strassenbahn ähnlichen Betrieb. Rekordhalter in dieser Beziehung ist bestimmt die eingleisige Métro M1 in Lausanne (ehemals: tramway du sud-ouest lausannois, TSOL), wo in Spitzenstunden alle fünf Minuten ein Kurs verkehrt und auf fast jeder Zwischenstation eine Kreuzung stattfindet. Üblicherweise werden solche Frequenzen nur auf zweigleisigen Anlagen erreicht. Zudem handelt es sich um einen reinen Linienbetrieb, d.h. es gibt nirgends fahrplanmässige Anschlussbindungen. Die Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ) funktionieren im Prinzip auch so, aber mit tageszeitlich unterschiedlichen Fahrzeiten und Frequenzen, die auf die Verkehrssituation und die Fahrgastmengen abgestimmt sind.



## VIERTELSTUNDEN-TAKTE

Interessant wird jetzt die Frage, ob mit zunehmender Frequenz auch in einem System mit Anschlussknoten eine einzelne Linie herausgenommen werden kann. Bei einer solchen Linie gibt es dann nur noch Anschlüsse in eine Richtung, ähnlich wie heute in den S-Bahn-Systemen.

Praktiziert wird dieses Prinzip bei Busnetzen im 15-Minuten-Takt, die Knotenbahnhöfe zur vollen und zur halben Stunde bedienen, beispielsweise im Stadtverkehr in Zug. Die Busse passieren dann den Bahnhof «im Achtelpunkt», also zu den Minuten 22 ½ und 37 ½, 52 ½ und 7 ½. Ein Kurs bringt die Anschlussreisenden zum Bahnhof, der nächste Kurs holt sie ab:

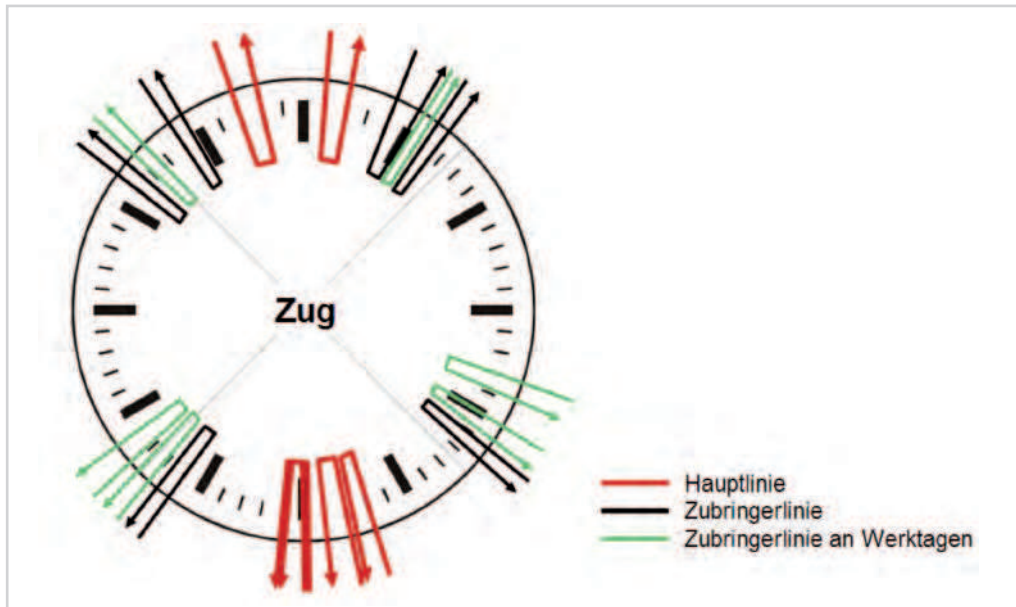


Abbildung 12: Zubringerlinien im «Achtelpunkt» (hier Bsp. Bahnhof Zug)

Das geht so lange gut, wie die Busse im Viertelstundentakt verkehren. Doch was ist, wenn abends kaum noch Fahrgäste unterwegs sind? Das Ausdünnen auf einen Halbstundentakt bricht die Anschlüsse in einer Richtung. Die andere, anschlusskundenfreundliche Lösung besteht darin, den Bus am Bahnhof 15 Minuten stehen zu lassen. Das ist aber nur zulässig, wenn am Bahnhof ein fast hundertprozentiger Fahrgastwechsel stattfindet. Wir erkennen daran, dass Probleme nicht tagsüber auftreten, sondern beim Ausdünnen in Schwachlastzeiten.

Ähnliche Überlegungen kann man nicht nur für Zubringerlinien, sondern auch für Hauptlinien machen, die im Viertelstundentakt verkehren. Die S5 der Zürcher S-Bahn ist ein anschauliches Beispiel, um diese Zusammenhänge aufzuzeigen. Die S5 bildet die Hauptlinie in der sogenannten Fahrplan-Spinne von Wetzikon zu den Symmetrieminuten 15 und 45. In Rapperswil passt sie in den 00/30-Knoten:

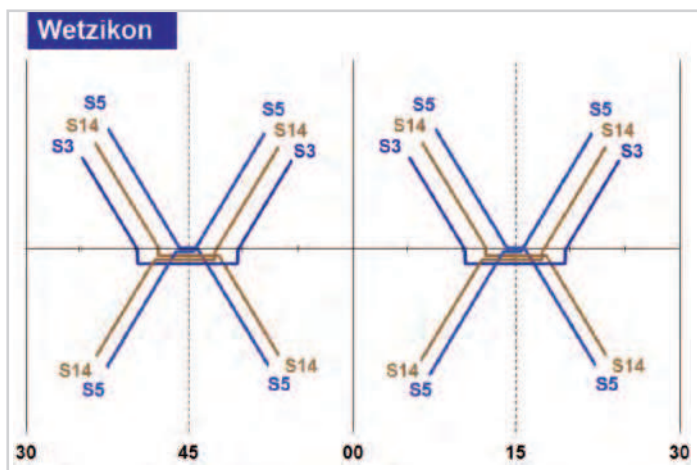


Abbildung 13: Die Taktfahrplan-Spinne in Wetzikon

Damit ist ihre Durchfahrtszeit in Zürich HB fixiert:

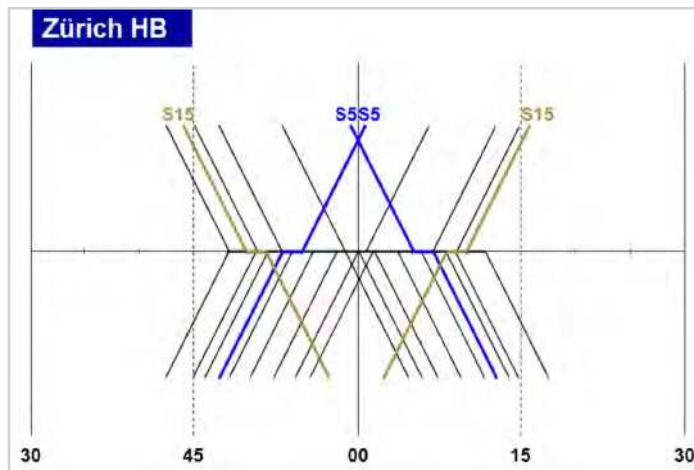


Abbildung 14: Spinne des Fernverkehrs in Zürich HB mit S5 und S15

Die S5 kommt aus Richtung Wetzikon zu den Minuten 05 und 35 zu spät an, um Anschlüsse auf die Hauptzüge zu vermitteln: Anschlüsse gibt es nur von/nach Rafz und Niederweningen. Erst die Einführung der S15 (um 15 Minuten zur S5 versetzt) liegt für das Glattal ideal in der Zürcher Spinne. Dafür liegt die S15 in Wetzikon und in Rapperswil ausserhalb der Anschlussknoten. Zudem verkehrt die S15 nicht bis Mitternacht; die letzte S15 verlässt Zürich bereits um 21.10 Uhr. Wer also später eine Anschluss-S-Bahn möchte, wartet zu einer Tageszeit, wo das Warten am wenigsten angenehm ist 15 Minuten länger. Die Ersatzlösung: Man nimmt die S14, ist dann an der Wärme und trifft fast gleichzeitig mit der S5 in Wetzikon ein.

Eine solche S-Bahn-ähnliche Fahrplan-Konstruktion könnte man sich auch für eine IC-Hauptlinie Winterthur–Bern(– Fribourg) vorstellen, sobald der neue, unterirdische Bahnhof (Zürich-)Löwenstrasse in Betrieb geht. Die Ankunftszeit aus St. Gallen (Minute 53) lädt geradezu zu einem solchen Konzept ein:

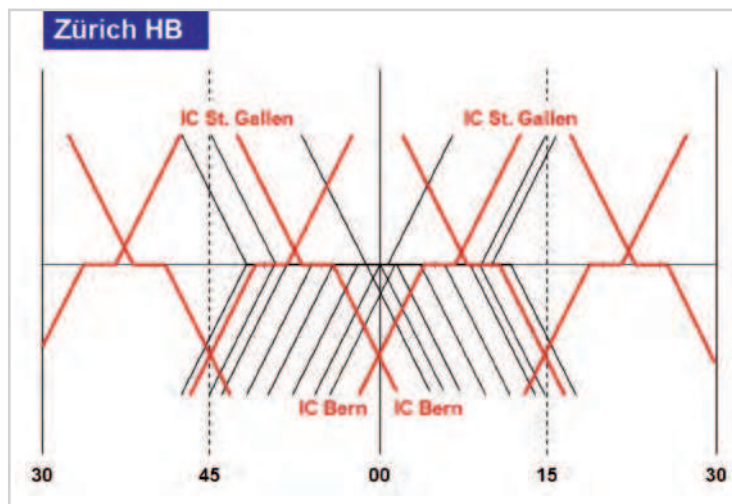


Abbildung 15: Spinne des Fernverkehrs in Zürich HB mit einem 15-Minutentakt Bern-Winterthur

Wiederum stellt sich die Frage der Einbindung dieser Züge in das schweizerische Gesamtnetz. Welche Soll-Fahrzeit braucht es nach Bern, welche nach St. Gallen? Welche Züge machen wo welche Anschlüsse, wo sollen Anschlusszüge nur stündlich oder halbstündlich verkehren? Schon die «Väter» der Bahn 2000 standen vor der Grundsatzfrage: «so schnell wie möglich» oder «so rasch als nötig». Man hat sich in der politischen Ausmarchung für das zweite entschieden, d.h. für das Knotensystem, das der Durchgängigkeit der Transportketten bis in die feinsten Verästelungen eine höhere Priorität gibt als der Geschwindigkeit. Kleine Zubringerlinien rentieren natürlich weniger als die hoch belasteten Hauptmagistralen. Doch das ist der (nicht sehr hohe) Preis der föderalen Demokratie der

Schweiz. Man muss jedoch nicht für immer in einem Korsett des Stundenabstandes der Hauptknoten stehen bleiben. Das System lässt sich durchaus weiterentwickeln. Sobald nämlich der Halbstundentakt zur Norm wird, existieren voll funktionierende Anschlussknoten in Abständen, die einem Vielfachen von 15 Minuten entsprechen, also z.B. Zürich–Bern in einer Fahrzeit von etwas unter 45 Minuten. Das wäre ein grosser Schritt über die Bahn 2000 hinaus und riefte nach einer landesweiten Neukonzeption von Knoten und Fahrzeiten. Damit gelange ich zurück zur Frage im Titel, die ich also wie folgt beantworten würde: Ja, der Taktfahrplan hat Zukunft, wenn die Fahrgäste den Anschluss nicht verpassen!

### ***SO WEIT, SO GUT? EIN KURZES NACHWORT***

Die europäischen Behörden drängen zunehmend auf eine vollständige Trennung von Infrastrukturbesitzern und Verkehrsunternehmen. «Open access» lautet das allmächtige Dogma, die Vereinheitlichung von technischen und administrativen Vorschriften ist ein Ziel, das niemand in Frage stellen wird. Die private Initiative hat dem serbelnden Güterverkehr auf der Schiene zweifellos zu neuen Impulsen verholfen. Der Gegensatz zwischen der staatlichen SNCF (-50% in den letzten 10 Jahren) und der DB als global auftretendem und der Konkurrenz ausgesetztem Logistikunternehmen könnte nicht grösser sein. Insbesondere der Hafenhinterland-Verkehr in Deutschland stösst (nach einem kurzen konjunkturellen Einbruch 2008/2009) an seine Grenzen. Vom Erfolg des *open access* überzeugt, möchten die europäischen Behörden auch den Reiseverkehr dieser Regel unterwerfen. Doch der Personenverkehr stellt fahrplantechnisch ganz andere Anforderungen als der Güterverkehr. In Italien und in Österreich wird man demnächst die ersten Erfahrungen sammeln können, wenn zwei Unternehmen um die gleiche Kundschaft werben. In beiden Ländern bestehen neue Infrastrukturen, die über grosse Kapazitätsreserven verfügen. Man wird also fahrplanmässig aneinander vorbeikommen. Mit den Bahnhöfen wird es bereits etwas schwieriger: Westbahnhof Wien für die WESTbahn, Zentralbahnhof Wien für die OeBB, Milano Centrale für Trenitalia, Milano Rogoredo und Milano Porta Garibaldi für Nuovo Trasporto Viaggiatori. Der Fahrgast muss sich also früh entscheiden, welcher Farbe von Zügen er den Vorzug gibt.

Doch was machen in einem bis aufs äusserste ausgeklügelten Taktsystem mit Anschlussknoten alle 30 bis 60 Minuten, in denen alle Bahnsteige genutzt sind? Was machen, wenn man Infrastruktur, Rollmaterial (mit oder ohne Neigetechnik) und Fahrplankonzept ein bis zwei Jahrzehnte im Voraus festlegt, damit auch in Zukunft die Anschlüsse stimmen? Man nennt es in der Aviatik das Grossvaterprinzip, wenn eine Fluggesellschaft die Rechte auf Abflugslots zu den besten Tageszeiten besitzt. Ist ein integrales Taktfahrplan-System ebenfalls ein «Grossvater-System», dem man per Dekret ein paar interessante Slots wegnehmen kann, damit ein *new entrant* einen Platz darin findet? Oder müssen wir gar unsere Infrastrukturen auf doppelte Kapazität auslegen und dann darauf warten, bis sich ein neuer Operator meldet?

In diesem Feld sind in der Schweiz und in Europa noch viele Fragen unbeantwortet. Doch wir Fachleute müssen uns vorbereiten, um darauf Antworten geben zu können. Wenn uns das nicht gelingt, dann haben *wir als Experten* den Anschluss verpasst!





Werner Stohler wurde 1940 in Langnau (CH) geboren. Nach dem Abitur am Gymnasium Burgdorf studierte er an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich an der Abteilung Bauingenieurwesen und schloss 1964 mit dem Diplom ab. In den ersten Praxisjahren arbeitete er als Sachbearbeiter, später Projektleiter und Baustellenüberwacher für Verkehrsbauten bei Ingenieurfirmen in Basel, Kopenhagen, Paris und Madrid. 1974-78 leitete er in Porto (Portugal) eine Task Force zur Erarbeitung eines multimodalen Generalverkehrsplanes, 1979-87 die Abteilung Planung und Informatik der Firma Rapp in Basel und Zürich.

1987 gründete er die SMA und Partner AG in Zürich. Die ersten Tätigkeitsfelder der Firma hingen zusammen mit dem Bau der Zürcher S-Bahn und der Schaffung eines Verkehrsverbundes für den Grossraum Zürich. In der Zwischenzeit ist die Firma auf über 50 Mitarbeiter an zwei Standorten angewachsen. Unter seiner Leitung entstanden und entstehen Beratungen und Expertisen für Eisenbahnunternehmen und Behörden in vielen Ländern Europas. Zahlreiche Angebotsverbesserungen und Infrastrukturausbauten gehen auf Planungen der SMA zurück, so zum Beispiel fast alle Integralen Taktfahrpläne in Deutschland, der Fernverkehrsfahrplan 2003 der Deutschen Bahn AG mit Einbezug der Neubaustrecke Köln – Rhein/Main, die Modernisierung und Elektrifizierung des portugiesischen Hauptnetzes, nationale Taktfahrplankonzepte in Frankreich, Belgien und Portugal. Das von der Firma SMA entwickelte Fahrplanplanungs-System Viriato wird von vielen Eisenbahnunternehmen erfolgreich als Planungsinstrument und zunehmend als Plattform für den Datenaustausch zwischen Infrastruktur- und Eisenbahnverkehrsunternehmen eingesetzt. Zahlreiche Publikationen, gelegentliche Vorlesungen und Prüfungsexpertisen an der ETH in Lausanne ergänzen das Tätigkeitsfeld im akademischen Bereich.

---

Werner Stohler

SMA und Partner AG, Zürich, [w.stohler@sma-partner.ch](mailto:w.stohler@sma-partner.ch)

## 4.4 LÄSST SICH DER VERKEHR STEuern ODER MACHT ER WAS ER WILL?

**JOOS BERNHARD**

Ich möchte Ihnen im Folgenden erläutern, dass allein mit der Regelung des Verkehrs durch Lichtsignalanlagen sich nicht unbedingt der gewünschte Erfolg einstellt. Die Verkehrsteilnehmer respektieren zwar das Rotlicht; sie haben aber alle ihre eigene Vorstellung darüber, wie sie am besten von A nach B kommen. Um den Verkehr in einer Stadt wirklich zu kontrollieren, muss man den Verkehrsteilnehmer nicht nur zum Anhalten bringen, sondern ihn auch dort durchschicken können, wo er zurzeit am besten hinpasst. Komplexe Verkehrssysteme können nicht umhin, auch die Wege der einzelnen Verkehrsteilnehmer durch das System zu beeinflussen, um beispielsweise den Innenstadtbereich frei von Stau zu halten. Da jeder Verkehrsteilnehmer frei in seiner Entscheidung ist, wie er gerade seinen Weg legt, sind ein paar Kniffe nötig, um möglichst viele Verkehrsteilnehmer die Strategien befolgen zu lassen, welche zurzeit für das Gesamtsystem am besten sind. Diese Kniffe werde ich Ihnen am Ende meines Beitrags vorstellen.

### ***WER SIND WIR?***

Ich bin der «Herr der Lichtsignale», wie man mich an meinem Arbeitsort in Zürich auch zu nennen pflegt. Wir beschleunigen oder verlangsamen den Puls der Stadt mit Rot, Gelb, Grün – oder eben: wir lassen die Stadt dort pulsieren, wo wir es wollen – oder besser: wo wir den Auftrag dazu haben. 25 Mitarbeitende planen, projektieren und betreiben 385 Lichtsignalanlagen, Tunnelsysteme und das Parkleitsystem. Weiter werden die Zufahrtswege zum Fussballstadion Letzigrund und zum Hallenstadion mit dynamischen Wechselwegweisungen je nach Grösse der Anlässe unterschiedlich gesteuert. Qualitätssicherung wird bei uns gross geschrieben. Wir sind seit 1999 ISO-zertifiziert. Damit die Signalisationen und Lichtsignalanlagen beachtet werden, gelten Grundsätze, die es zu berücksichtigen gilt. Ist das nicht der Fall, werden sie übersehen, missachtet oder einfach ignoriert und die Verkehrssicherheit nimmt ab. Als Folge davon müssen meist zusätzliche Überwachungsmittel eingesetzt werden wie Rotlichtkameras, Geschwindigkeitskameras (Tempo 30) oder die polizeiliche Überwachung. Das wollen wir vermeiden!

### ***VERKEHR IN DER STADT ZÜRICH***

Alle Verkehrsteilnehmenden auf den Strassen und Plätzen haben ihre Besonderheiten. Im Folgenden werde ich diese kurz beschreiben. Im zweiten Abschnitt komme ich auf die Mittel zu sprechen, die den Verkehr beeinflussen, lenken oder steuern. Mittel für die Verkehrslenkung und Steuerung sind Signale, Wegweiser, Markierungen und Lichtsignalanlagen. Dabei komme ich auch darauf zu sprechen, wie wir eine Verkehrsregelung entwerfen. Als Beispiel werden wir eine «Grüne Welle» nehmen. Ich habe *drei Thesen* aus der Sicht der Verkehrsteilnehmenden aufgestellt und daraus *drei Punkte* für die Regelung abgeleitet, die es bei der Planung von Verkehrsanlagen zu beachten gilt. Die Thesen und Punkte sind sicher nicht abschliessend, aber sie helfen, den optimalen Betrieb der Verkehrsregelungsanlagen sicher zu stellen.

### ***VERKEHRSTEILNEHMENDE UND IHRE BESONDERHEITEN: DER OFFENTLICHE VERKEHR (ÖV)***

In der Stadt Zürich haben Busse und Trams höchste Priorität. Ein Tramfahrer weiss das und fährt mit erlaubter Geschwindigkeit auf die Lichtsignalanlage zu. Dort erhält er mit höchster Priorität das Grünsignal und fährt durch bis zur nächsten Haltestelle. Das passiert rund 100'000 Mal pro Tag. Zielkonflikte entstehen nur dann, wenn zwei öV-Linien sich kreuzen. Da gilt immer: *first in, first out*. Besonderheit: Halten will der Strassen-öV grundsätzlich nur an Haltestellen.

### ***VERKEHRSTEILNEHMENDE UND IHRE BESONDERHEITEN: DER FUSSGÄNGERVERKEHR***

Ein Hinweis für Personen, die Zürich nicht kennen: Das «Central» ist ein Verkehrsknotenpunkt in der Nähe des Hauptbahnhofs ohne Lichtsignalanlage! Der Fussgänger hat an Fussgängerübergängen ohne Lichtsignalanlage immer Vortritt. Die Auswirkungen sieht man am Beispiel des Centrals ganz deutlich. Dann nämlich, wenn tausende Studierende den Platz queren und Richtung ETH und Universität pilgern. Da kommen der motorisierte und der öffentliche Verkehr zum Erliegen. Deswegen regeln morgens und abends drei Polizeibeamte den Fussgängerverkehr. Daher sind in der Innenstadt die Lichtsignalanlagen da, um die Fussgängerströme zu lenken. Die Besonderheit lautet hier: An Lichtsignalanlagen wollen Zufussgehende nicht länger als 30 Sekunden warten.

### ***VERKEHRSTEILNEHMENDE UND IHRE BESONDERHEITEN: DER MOTORISIERTE VERKEHR***

Die drei grössten Verkehrsströme Richtung Stadt Zürich verzeichnen rund 210'000 Fahrzeuge pro Tag. An den 100 Zählstellen werden 1.2 Millionen Bewegungen pro Tag verzeichnet. Dass diese Verkehrsmenge nicht ungehindert an ihr Ziel gelangt, ist verständlich. Die Meldungen am Radio bestätigen dies. Die grosse Verkehrsmenge ist die eigentliche Herausforderung der Stadt Zürich. Besonderheit: Was den Automobilisten interessiert, ist möglichst direkt und auf kürzestem Weg zum Ziel zu gelangen, wobei «direkt» eine subjektive Wahrnehmung ist.

### ***MITTEL UM DEN VERKEHR ZU BEEINFLUSSEN***

Die 50'000 *Signalisationstafeln* schützen Wohngebiete vor zu viel Verkehr (Schleichwege) und ermöglichen klare Verhältnisse. Auch das Parkplatzangebot wird durch die Signale verbessert. Besonders durch das Parkleitsystem, das dem Automobilisten hilft, freie Parkplätze zu finden. Die *Wegweisung mit ihren 7'000 Tafeln* hilft den Automobilisten die Zufahrt zu Autobahn, Hauptstrasse und zu den Parkhäusern zu finden. Die Bedeutung der Wegweisung schwindet jedoch im Zeitalter der Navigationsgeräte. Eine Vereinfachung ist hier angezeigt. Als Verkehrslenkungsinstrument ist die Wegweisung aber weiterhin von grossem Nutzen. *Verkehrsregelungsanlagen* sind dynamische Signalisationen. Richtig eingesetzt haben sie die Möglichkeit, auf Veränderungen im Verkehrsgeschehen zu reagieren. Alle Verkehrsregelungsanlagen in der Stadt Zürich sind verkehrsabhängig gesteuert, also wissenschaftlich korrekt ausgedrückt: geregelt. Das bedeutet: viele Autos, viel grün, wenig Autos, weniger grün. Das gilt, solange keine Überlastung entsteht. Bei Überlastung werden die Flüsse nach vorbestimmten Strategien dosiert. Die Regelung wirkt dabei auf den einzelnen Verkehrsteilnehmer ineffizient! Darum tendiert er dazu, die Entscheide nicht zu respektieren und selbständig sein Fortkommen zu optimieren.

Der Verkehrsteilnehmer folgt drei Thesen bei der Optimierung seines eigenen «Wohlbefindens». Wenn die Regulierungs-Strategien Erfolg haben wollen, müssen sie diesen Thesen Rechnung tragen. Mit den drei anschliessend gezeigten Punkten ist es möglich, dem Verkehrsteilnehmer das nötige Vertrauen in die Strategien und Regelungen zu vermitteln, so dass er einerseits seinen Thesen folgt, gleichzeitig aber auch die gewünschte Strategie befolgt.

## DIE HAUPTACHSEN IN ZÜRICH

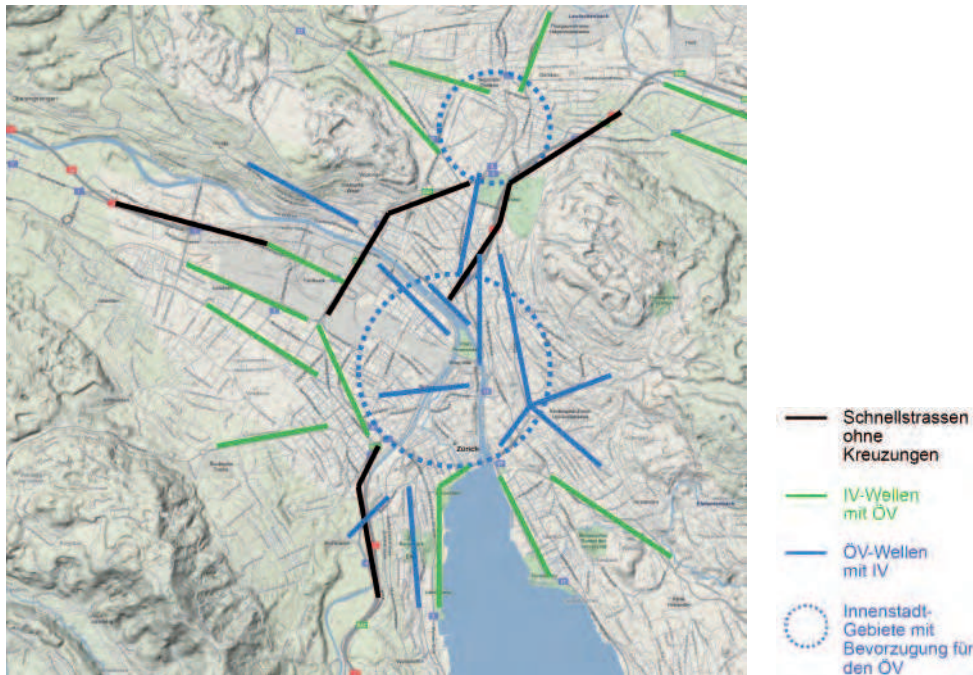


Abbildung 1: Die Hauptachsen in Zürich

Sie interessieren sich nun wohl dafür, wie wir die Regelung entwerfen. Das ist kompliziert. Ich will Ihnen darum nur kurz unser Vorgehen schildern und dann eine Grüne Welle mit Bus für Sie konstruieren. Am Anfang steht immer das Verkehrskonzept. Die Stadt Zürich kennt vier verschiedene Typen von Regelgebieten:

- Schnellstrassen ohne Kreuzungen – das ist einfach, da werden keine Lichtsignale benötigt.
- IV-Wellen mit öV: da «regiert» der Individualverkehr und der öffentliche Verkehr muss sich «unterordnen». Politisch ist eine solche Unterordnung jedoch nicht akzeptierbar, sondern nur regelungstechnisch. Wie das geht, werden wir gleich sehen.
- öV-Wellen mit IV: auf diesen Strassenzügen regiert der öV und befiehlt die Koordination.
- Innenstadt-Gebiete mit Bevorzugung für den öV: hier regiert der öV absolut.

## REGELUNG UND OPTIMIERUNG

Die Regelung und ihre Optimierungen sind Randbedingungen unterworfen. Die Randbedingungen sind meistens stärker als das Potenzial zum Optimieren!

Randbedingungen sind:

- Priorisierung von Verkehrsarten
- Einhalten maximaler Wartezeiten
- Dosieren von Verkehrsströmen
- Einhalten minimaler und maximaler Rotzeiten
- Vorgabe einer Zykluszeit
- geometrische Gegebenheiten (Distanzen), im Speziellen für Grüne Wellen

## GRÜN-PHASEN IN BEIDE RICHTUNGEN

Bei der Konstruktion einer Grünen Welle werden Grünbänder in ein Weg-Zeit-Diagramm gelegt, welches die Knoten auf der horizontalen Achse zeigt und die Zeit auf der vertikalen. Anschliessend legt man die Grünzeiten fest, wobei man darauf achten muss, dass im Fall einer bidirektionalen Grünen Welle die Grünzeiten der Hauptströme in beide Richtungen eine Lösung finden. Für die Aufteilung der Grünzeiten müssen die Belastungen der einzelnen Verkehrsströme bekannt sein. Die Suche nach der Lösung ist häufig ein iterativer Prozess. Hellgrün sind die Phasen von links nach rechts (West nach Ost) eingezeichnet, dunkelgrün in die Gegenrichtung. Es ist eine Umlaufzeit von 72 Sekunden gewählt worden.

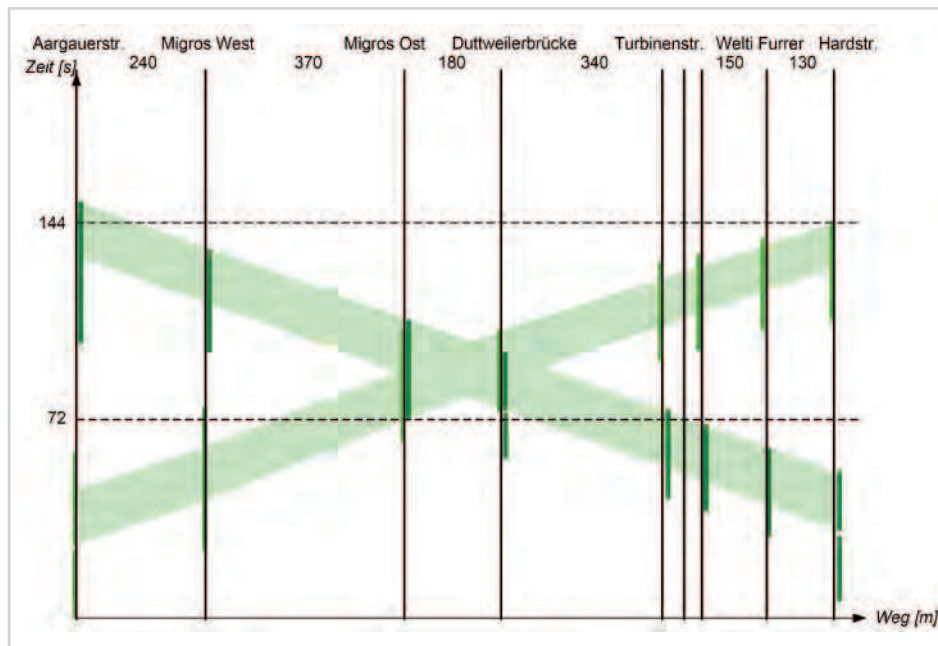


Abbildung 2: Grünphasen in beide Richtungen. Hellgrün: Phasen von links nach rechts. Dunkelgrün: Phasen von rechts nach links

### *VORSTART UND NACHLAUF FÜR IV*

Es gibt auch häufig einbiegende und ausbiegende Ströme von einer Stärke, die mit dem Hauptstrom vergleichbar ist. Normalerweise weiten sich die Grünbänder auf, je mehr Knoten hintereinander befahren werden. Der Grund dazu liegt an der Tatsache, dass die Abstände zwischen zwei Fahrzeugen die Tendenz haben, immer grösser zu werden, je länger die Fahrzeuge in freier Fahrt sind.

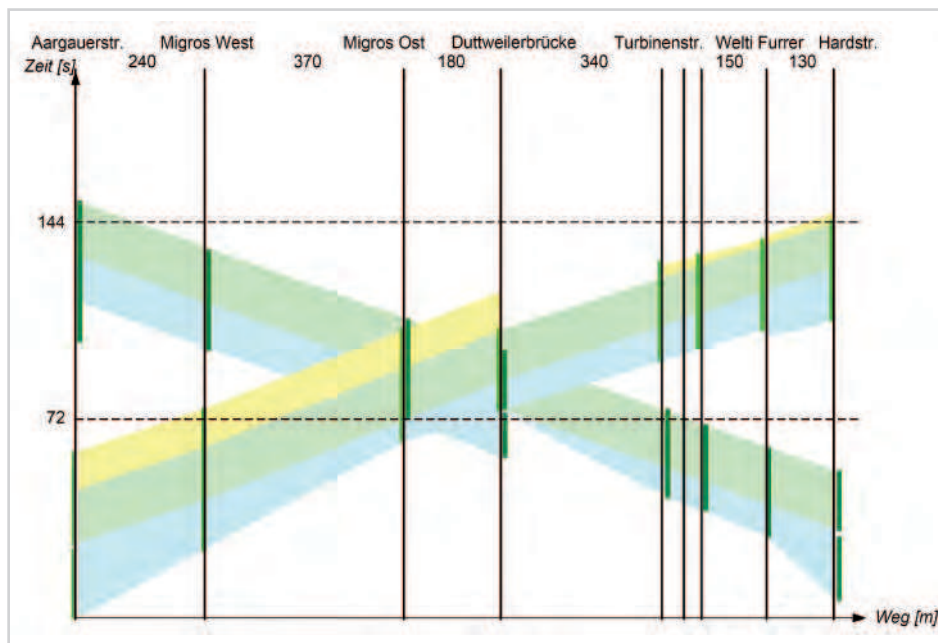


Abbildung 3: Vorstart (blau) und Nachlauf (gelb) für den IV



## GEOMETRIE MIT BUSHALTESTELLEN

Nun muss noch der Bus in beide Richtungen in die Grünen Wellen gelegt werden. Er hat im gezeigten Beispiel 3 Haltestellen zu bedienen:

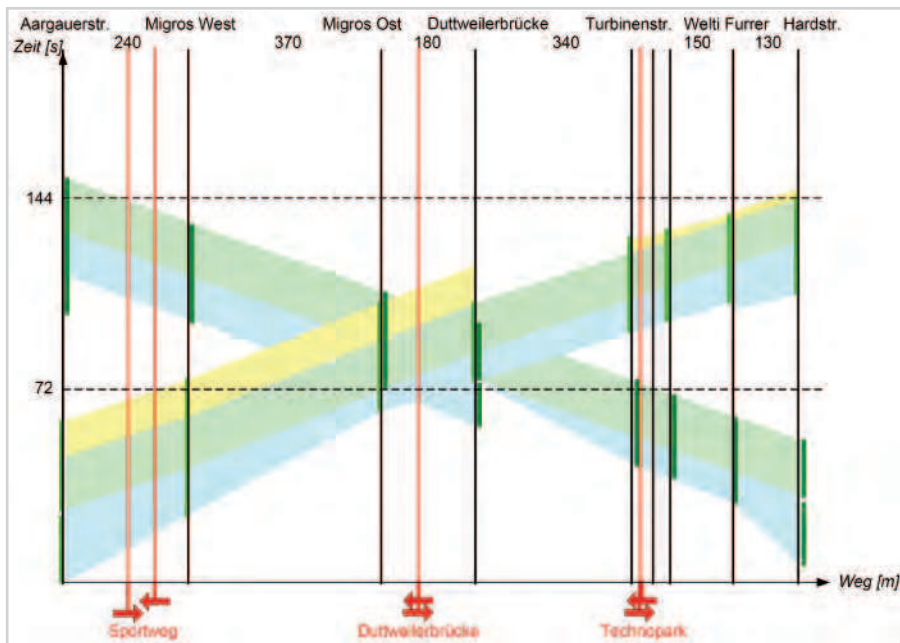


Abbildung 4: Lage der Bushaltestellen

## ALLE FAHRLINIEN

Damit der Bus trotz seiner Halte in der Grünen Welle bleibt, können die Halte an zwei Momenten stattfinden:

- Während des Grünbandes: Das bedingt, dass der Bus am Anfang des Grünbandes in die Haltestelle einfährt und am Ende des Grünbandes gerade noch ausfahren kann.
- Während der Rotzeit: Das bedingt, dass der Bus am Ende des Grünbandes in die Haltestelle fährt und während der Rotzeit der Grünen Welle in der Haltestelle bleibt. Er fährt anschliessend am Anfang des Grünbandes von der Haltestelle weg. Der Vorteil dieser Position ist, dass die Fussgänger die Strasse queren können und so den Bus noch erreichen oder gleich die Strassenseite wechseln könnten.

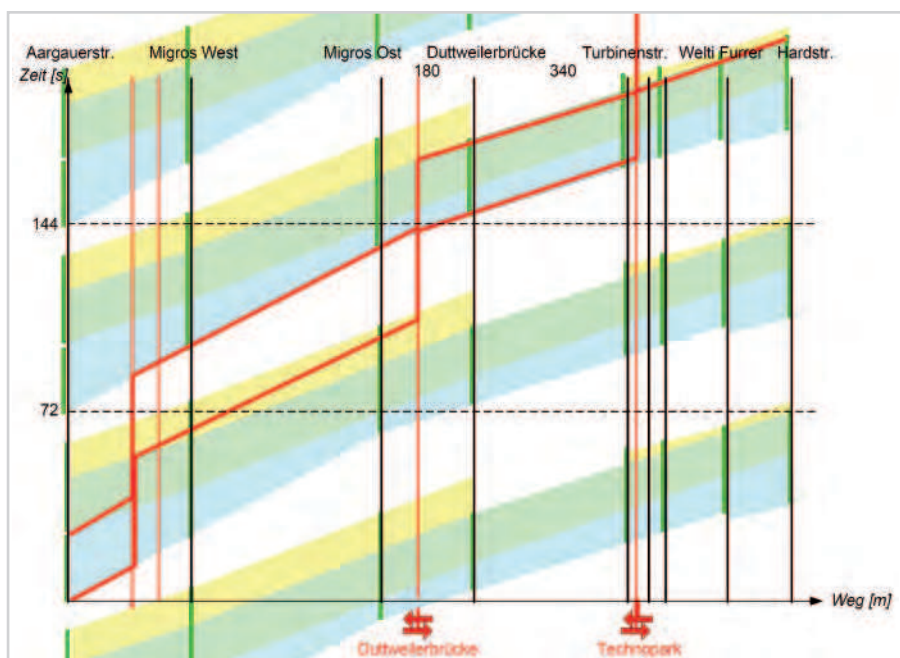


Abbildung 5: Fahrlinie des Busses am Wellenstart oder am Wellenende

### **BEISPIEL PFINGSTWEIDSTRASSE**

Das Beispiel «Pfungstweidstrasse» zeigt uns einen öffentlichen Verkehr, der keine eigene Spur besitzt und sich in einer IV-Welle befindet. An der Haltestelle wird der öV vom IV entkoppelt. Das bezeichnen wir als einen «koordinierten Halt». Wir sehen hier den Bus am Anfang der Grünen Welle, so dass er während der Grünen Welle in der Haltestelle steht und am Ende der Grünen Welle die Haltestelle gerade noch verlassen kann.

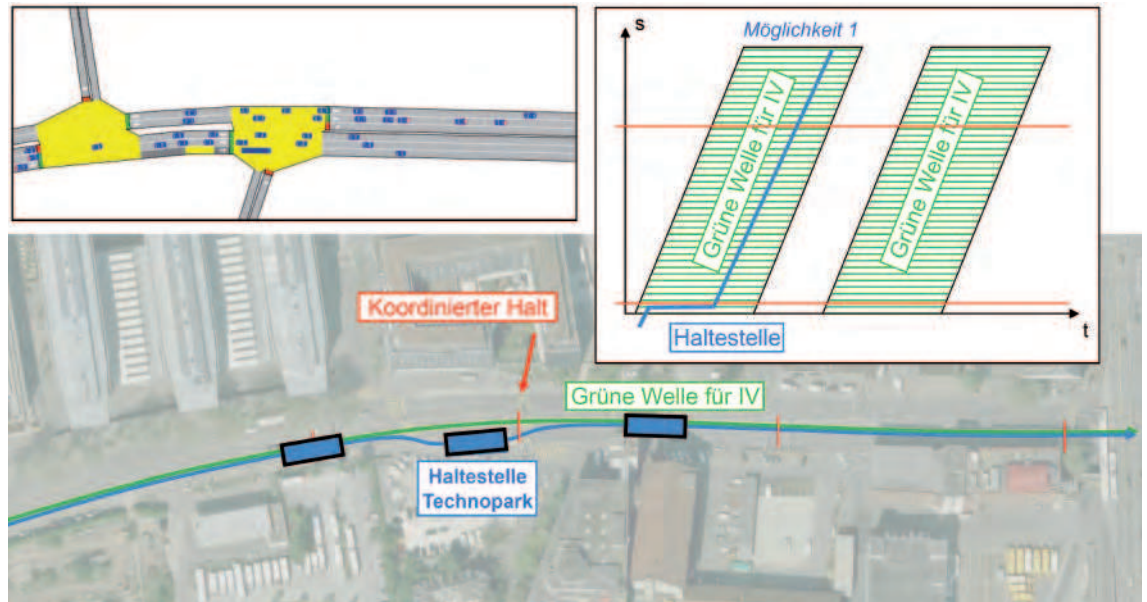


Abbildung 6: Der Bus gelangt am Anfang der grünen Welle in die Haltestelle und verlässt sie am Ende.

### **DREI THESEN ZU DEN VERKEHRSTEILNEHMENDEN**

Abgesehen vom «Handwerk», in das ich Sie kurz habe blicken lassen, wird unser Schaffen durch ein paar einfache Grundsätze geleitet. Dazu gehören die drei folgenden Thesen, und – daraus abgeleitet – die drei Punkte für die Steuerung des Verkehrs. Die drei Thesen lauten:

- Verkehrsteilnehmende wählen stets den kürzesten Weg (Beispiel Velofahrer/Fussgänger diagonal).
- Sie möchten auf direktem Weg zum Ziel (Beispiel Autofahrer).
- Sie meiden Wege mit Wartezeiten (Lichtsignalanlagen) und Hindernissen (Tempo 30).

Der Verkehrsteilnehmende folgt seinen Thesen subjektiv. Er interpretiert seine Umwelt. So zieht er es beispielsweise vor, einen Umweg zu fahren als in einem Stau zu stehen, weil er so wenigstens vorwärts kommt und seine Fahrzeit an Vorhersehbarkeit gewinnt.

### **DREI PUNKTE, DIE FÜR DIE STEUERUNG DES VERKEHRS ZU BEACHTEN SIND**

Wie erreicht man nun, dass der Autofahrer sich so verhält, wie man es aus Sicht der Steuerung von ihm erwartet? Erster Punkt: Die Steuerung muss einsichtig sein. Dazu ein Beispiel: Ein Autofahrer steht an der Ampel und wartet. Wenn Fussgänger, Trams oder andere Fahrzeuge sich auf der Verzweigung befinden, so ist er beruhigt. Wenn sich aber nichts auf der Verzweigung bewegt, wird der Autofahrer ungeduldig. Er sieht nicht ein, warum er jetzt nicht fahren kann. Das Gleiche gilt für Fussgänger. Ein Fussgänger, der an einer roten Ampel steht, wo kein Tram oder Auto vorbeifährt, hat die Neigung, bei Rot über die Strasse zu springen. Beide Ereignisse haben einen negativen Einfluss auf die Verkehrssicherheit.





Abbildung 7: Warten vor der leeren Kreuzung reizt zur Missachtung des Rotlichts.

Zweiter Punkt: Die Steuerung muss attraktiv sein. Wieder ein Beispiel: Ein Fussgänger möchte auf die Tramhaltestelle gelangen. Dazwischen befindet sich eine Fahrspur für Autos. Stellen Sie sich vor, Sie sehen das Tram kommen. Der parallel fahrende Fahrzeugverkehr hat ebenfalls Grün. Sie möchten das Tram erreichen. Sie als Fussgänger rennen nun bei Rot über die Strasse zwischen den Autos hindurch, was allerdings gefährlich ist.

Die Lösung 1 lautet: Bei einfahrendem Tram schaltet der Fussgängerübergang ebenfalls auf Grün und die Autos warten bei Trameinfahrt, was für sie einsichtig ist. Lösung 2: Beim ausfahrenden Tram kann den Autofahrern Grün angezeigt werden. Der Fussgänger hat jetzt mehr Zeit. Es fahren Autos. Und es ist für den Autofahrer wie für den Fussgänger einsichtig.



Abbildung 8: Bei Einfahrt des Trams erhalten Fussgänger grün.

Dritter Punkt: Die Steuerung muss zuverlässig sein. Ein erneutes Beispiel: Die Tramfahlerin fährt mit Reisegeschwindigkeit auf die Verzweigung zu. Die Ampel darf nun nicht zu früh auf freie Fahrt gestellt werden, sonst ist die Fahrerin unter Druck und fährt zu schnell. Wenn das Signal zu spät oder gar nicht aufgeht, dann wird abgebremst, angehalten, und die Fahrerin ist verunsichert. Die zuverlässigste Steuerung gilt dann, wenn das Signal zirka vier Sekunden vor Eintreffen freie Fahrt anzeigt und das Signal unmittelbar nach Passieren des Haltebalkens wieder «gesperrt» signalisiert.

Die Zuverlässigkeit spielt auch in Grünen Wellen eine wichtige Rolle. Der Automobilist verlässt sich darauf, dass die Abläufe stimmen. Weiter gehören die Berechenbarkeit der Fahrzeiten im System und die Ausfallsicherheit der Verkehrsregelungsanlagen ebenso zum Erreichen einer hohen Zuverlässigkeit.

## ***LÄSST SICH DER VERKEHR WIRKLICH STEUERN?***

Für die Steuerung der Lichtsignalanlagen sind

- Einsichtigkeit,
- Attraktivität und
- Zuverlässigkeit

massgebende Punkte, damit die Ampelfarbe und deren Zuteilung zu den Fahrspuren beachtet und akzeptiert werden. Diese Punkte müssen in die Planung der Signalanlage einfließen. Dann macht der Verkehr, was Sie sich vorgestellt haben. Dann können Sie den Verkehr lenken. Ansonsten können Sie aus den Medien erfahren, was er aus ihren Vorstellungen gemacht hat...



Dipl. El. Ing. FH Joos Bernhard (\*1958) hat einen Fachhochschulabschluss in Elektronik, Mess- und Regeltechnik und absolvierte ein Nachdiplomstudium in Unternehmensführung. Von 1985 bis 1989 war er Systemingenieur bei der Zühlke Engineering AG (Zürich) und anschliessend bis 1994 Leiter des Bereichs Verkehrstechnik der Dienstabteilung Verkehr der Stadt Zürich. Anschliessend arbeitete er bis 1998 als Vertriebsingenieur bei der Firma Häni-Prolektron (Bronschhofen), bevor er 1998 wieder zur Dienstabteilung Verkehr der Stadt Zürich zurückkehrte. Zunächst war dort erneut Chef des Bereichs Verkehrstechnik und ab 2001 Chef der Verkehrssteuerung.

Seit 2003 ist er Leiter des Bereichs Regelung und Verkehr und ist dort für die Planung, den Betrieb und die Programmierung aller dynamischen Signalisierungen (Verkehrsregelungsanlagen, Tunnelsteuerungen, Parkleitsysteme etc.) in der Stadt Zürich zuständig. Die Dienstabteilung Verkehr ist eine Dienstabteilung des Polizeidepartements der Stadt Zürich mit gegenwärtig 102 Mitarbeitenden.

---

Joos Bernhard, Leiter Regelung + Entwicklung

Dienstabteilung Verkehr der Stadt Zürich, joos.bernhard@zuerich.ch

---

# 5

---

---

# 5 AKTION – DER ÖFFENTLICHE VERKEHR DER ZUKUNFT

## 5.1 MODERATION

*URS B. WILI*



Nach dem Abschluss als Dipl.- Elektroingenieur ETHZ an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich bearbeitete Urs B. Wili im Studienbüro der Brown, Boveri AG in Oerlikon die Verriegelungen einer Schleudieranlage in USA und Simulationen elektrischer Traktionssysteme am Analogrechner.

1974 trat er zur SBB über, wo er zunächst als Ingenieur bei der Sektion Fahrleitungen des Kreises 2 in Luzern, dann als Sektionschef Fahrleitungen, als Chef der Abteilung elektrische Anlagen bei der Baudirektion in Bern und als Leiter Kundenbeziehungen bei Telecom SBB tätig war. Bei der Firma Furrer+Frey AG in Bern leitete er das Ingenieurbüro, wurde Mitglied der Geschäftsleitung und arbeitet heute als Senior Consultant. Er ist Mitglied der Expertenkommission von Swiss Engineering STV.

---

Urs B. Wili, Ingenieur  
Furrer+Frey AG, Bern, [ubwili@furrerfrey.ch](mailto:ubwili@furrerfrey.ch)

## 5.2 POST PER BAHN: EINFACHES BEDÜRFNIS – KOMPLEXE ABWICKLUNG

*THOMAS J. ERNST*

Zur Post, einer der grössten Arbeitgeberinnen in der Schweiz, zwei bis drei Kennzahlen aus dem Jahr 2010. Aus Sicht der Transporte fokussiere ich mich auf die Paket- und Briefverarbeitung. Der für beide Bereiche ähnliche Prozess ist auf der Folie schematisch dargestellt. Die Sortierung und die Interzentrenverkehre finden getrennt statt, die Ver- und Entsorgung in der Fläche erfolgt gebündelt. Die Systemtransporte, welche in meiner Verantwortung liegen, sind rot dargestellt.

Im Pakettransport auf der Schiene sprechen wir von jährlich ca. 10.5 Mio. Wagenkilometern. Das entspricht einer Erdumrundung pro Tag. Im Briefbereich ergeben sich nahezu 5.5 Mio. Bahnwagenkilometer pro Jahr.

Die Verarbeitung von Postgut ist wie folgt ausgerichtet: Ein bis heute Mittag in Zermatt aufgegebenes Priority-Paket wird morgen bis 07.30h in Scuol im Unterengadin ins Postfach zugestellt. Nebst diesem Paket werden täglich zwischen 300'000 und im Festverkehr vor Weihnachten bis 1 Mio. Pakete in drei Sortierzentren verarbeitet und den 49 Distributionsbasen zur Zustellung zugeführt. 14 dieser Standorte sind ans Schienennetz angebunden.

### **BAHNTRANSPORTE POST**

Posttransporte auf der Schiene gibt es seit 1857, seit 1867 erfolgen diese in post-eigenen Bahnwagen. Seit 1930 hat die Post eigene Rangierdienste, nicht weil es Spass macht oder einfach wäre, sondern weil damit Abhängigkeiten und Kosten reduziert werden können. Gegenwärtig hat die Post an drei Standorten eigenes Rangierpersonal im 2-Schicht-Betrieb im Einsatz. Das Rangierpersonal ist befugt, Züge abzufertigen und Züge auf eine Stammlinie einfahren zu lassen. Die Post besitzt und betreibt ein Stellwerk in Frauenfeld, nutzt und betreut eigene oder gemietete Wagen und Rangierfahrzeuge. Sie besitzt 3 Terminale mit Krananlagen, 3 Durchgangsbahnhöfe und hält in der Schweiz 14 Anschlussgeleise in Schuss.

### **HERAUSFORDERUNGEN**

Damit das Leistungsangebot im Paket- und Briefbereich die Qualitätsanforderungen erfüllt, sind zahlreiche Randbedingungen einzuhalten, welche die Planung von effizienten und kostengünstigen Transporten erschweren, und durch die Wahl des Verkehrsträgers ergeben sich zusätzliche Faktoren.

Das erwähnte Sammelsurium an eigener Bahninfrastruktur benötigt Know-how, bindet enorm Kapital und zieht regelmässig hohe Ersatz-Investitionen nach sich. Kurz, die Komplexität nimmt zu. Was rechtfertigt nun das Engagement im, aus meiner persönlichen Sicht, trägen Schienengütergeschäft? Es sind dies mindestens vier Punkte:

1. Reduzierte Abhängigkeiten von Dienstleistern (und dies seit 1867)
2. Preisverhandlungen und Qualitätsgespräche mit Eisenbahnunternehmen finden auf Augenhöhe statt
3. Keine Engpässe bei der Wagenverfügbarkeit
4. Die grossen Transportvolumina der Post

Erlauben Sie mir einige Worte zur Prozesssicherheit:

Verspätet sich ein Zug um mehr als 20 bis 30 Minuten kann dies auf einen Schlag zehntausende Postkunden verärgern, deren A-Brief oder Priority-Paket nicht zeitgerecht zugestellt wird. Ist der letzte Briefzug aus der Westschweiz zu spät in Zürich, erhält ganz Graubünden die A-Post aus der Westschweiz einen Tag verspätet. Dasselbe würde auch in umgekehrter Richtung gelten.

Die Ursachen von Verspätungen der täglich verkehrenden 15 Briefzüge und über 40 Paketzüge können vielfältig sein: Ich habe auf der Folie nur die jährlichen Höhepunkte aufgeführt. Die täglichen Störungen sind in der Tat ein Vielfaches: Höhere Gewalt, durchschnittlich ein Suizidfall auf dem Schienennetz pro Tag, technische Störungen an den teils über 40-jährigen Lokomotiven, Bahnwagen, Geleisen, Fahrleitungen oder Signalanlagen und ab und zu auch fehlendes Lokpersonal.

Ein aktuelles Beispiel zum Thema Unberechenbarkeit: Am Schienennetz gibt es mehrere Zugkontrollleinrichtungen (ZKE). An diesen ZKE werden Unregelmässigkeiten an Bahnwagen automatisch festgestellt. Nun wurden gehäuft 2-achsige Bahnwagen mit Briefpost, wie es so schön heisst «ausgerichtet», da unterschiedliche Radbelastungen gemessen wurden.

In der Folge wurden Ladungen geprüft und technische Expertisen erstellt. In der Zwischenzeit meinen die technischen Experten der Ursache auf der Spur zu sein: Trotz eingehaltener Fertigungstoleranzen der jeweils vier Blattfedern, ergaben sich je nach Montage-Konstellation während der Fahrt unzulässige Radlast-Messresultate. Die Montagevorgaben wurden entsprechend angepasst, die neuesten Tests waren erfolgreich.

Im Herbst 2005 wurden nach einer Flankenfahrt die 243 Tragwagen aus Sicherheitsgründen per Verfügung des Bundesamts für Verkehr an einem Freitag 18.00 Uhr für unbestimmte Zeit ausser Betrieb gesetzt. Innert 2 Wochen konnten Ersatzwagen aus ganz Europa zusammengezogen werden, damit auf der Schiene wieder genügend Kapazität vorhanden war. Erwähnenswert ist, dass alle betroffenen Wagen die offiziellen Zulassungskriterien seit 7 Jahren erfüllt haben. Der Wagenvermieter musste sämtliche Bremsanlagen, welche für 30 Jahre konzipiert und kalkuliert waren, auf eigene Kosten umbauen. Die Haltbarkeit der neu eingebauten Scheibenbremsen älterer Bauart beträgt jedoch nur noch 10 Jahre. Der Paketkunde hat von alledem nichts bemerkt, denn die plötzlich fehlende Transportkapazität wurde durch die externen und internen Partner auf der Strasse sichergestellt.

Seit einem Bahn-Unfall in Italien müssen europaweit die Instandhaltungsprozesse von Bahnwagen beim Eigentümer zertifiziert sein. Zudem muss die Instandhaltungshistorie online abgerufen werden können, ansonsten werden die Wagen von den Traktionären nicht befördert.

Ich habe die derzeit aktuell diskutierten Bahn-Themen aufgelistet, von denen sich einige zu regelrechten Kostentreibern entwickeln oder die Trassenverfügbarkeit für Gütertransporte einschränken werden. Die laufenden Vernehmlassungen zum Thema «Trassenpreise» und «FABI» (Finanzierung und Ausbau der Bahninfrastruktur) lassen kostenmässig nichts Gutes erahnen. Allein vom Güterverkehr werden jährlich bis 30 Mio. CHF zusätzliche Beiträge an die Instandhaltung erwartet. Von höheren Kosten im Bereich der Instandhaltung von Lokomotiven usw. bei SBB Cargo habe ich noch gar nicht gesprochen. Dies kann früher oder später alle Beteiligten, auch Sie und mich, Konsumenten und Steuerzahler mit höheren Konsumentenpreisen und zusätzlichen Mehrwertsteuer-Prozenten treffen. Auf die einzelnen Punkte kann ich aus Zeitgründen nicht eingehen, sie sollen Ihnen einfach einen Überblick verschaffen.

Trotzdem ein Beispiel: Für mich schwer zu begreifen ist der Umstand, dass mit zunehmender Zugdichte die Instandhaltungskosten überproportional wachsen.

## ***ZUKUNFT GESTALTEN***

Vor dem geschilderten Hintergrund und dem unveränderten, gesetzlichen Leistungsauftrag der Post will ich Ihnen meine Gedanken zur Zukunft aufzeigen.

Die Post wird Pakete und Briefe auch in Zukunft an den heutigen Standorten verarbeiten. Das Bedürfnis nach einer höheren Anzahl Verbindungen zwischen den Post-Standorten ist schon heute nicht mehr voll befriedigt und nimmt weiter zu. Sie erinnern sich an das Paket von Zermatt nach Scuol.

Dem steigenden Kostendruck kann nur mit Innovationen und entsprechenden Investitionen auf allen Ebenen, sei es bei der Post oder ihren Partnern, begegnet werden. Konkret sind bei der Bahn Innovationen auf den Ebenen Infrastruktur, Transportmittel, Betrieb und Instandhaltung gemeint. Die Aussichten sind wenig erheiternd.

Trotz der vielen Unwägbarkeiten im Bereich Schienengüterverkehr im Inland skizziere ich Ihnen fünf Stossrichtungen.

Die erste im Bereich Transportmittel: Güterzugskompositionen mit Hybridantrieb sollen Rangierkosten im fahrdradtlosen Terminalbetrieb eliminieren und hinter Intercityzügen schnelle Trassen nutzen können.

Die Zweite im Bereich Erhöhung der Auslastung der eigenen Bahninfrastruktur mittels zusätzlichem kombinierten Verkehr im Inland. Erste Erfolge zeigen, dass die Marktfähigkeit gegeben ist.

Die dritte Stossrichtung ist die Erhöhung der Krankapazitäten in den drei Terminalen. Ein Gesuch beim Bundesamt für Verkehr ist seit Dezember 2010 in Bearbeitung.

Eine höhere Krankapazität würde der Post erlauben, die vierte Stossrichtung, die Anbindung von Seefracht ab den europäischen Häfen umzusetzen. Via die drei Terminals können die 20- und 40-



Fuss-Container dem Endkunden «CO2-reduziert» zugestellt werden. Zu guter Letzt und quasi als Notnagel haben wir die Strassentransporte mittels Doppeldecker-Aufliegern kosten- und prozessmässig fit gemacht, um bei Bedarf auf gewissen Verbindungen eine Alternative zu haben.



Thomas Jakob Ernst (\*1962) wuchs in Küsnacht am Zürichsee auf und wohnt derzeit in Zürich. Er ist Vater eines 15-jährigen Sohnes. Nach seiner Ausbildung (Wirtschaftsmaturität, eidg. diplomierter Kaufmann) absolvierte er 1995 eine Weiterbildung als UN-Militärbeobachter und war 1996 als UN-Militärbeobachter und Leader des Swiss Contingent in Georgien im Einsatz. Im Jahr 2007 machte er seinen Master International Logistics Management an der Fachhochschule Nordwestschweiz. In seiner beruflichen Tätigkeit ist er seit 1987 bei der Schweizerischen Post in verschiedenen Führungsfunktionen mit bis zu 160 Mitarbeitenden in der Distributionslogistik und im Zahlungsverkehr tätig. 2002 bis 2003 war er interimistischer Leiter des Human Resource Management für die 5'500 Mitarbeitenden von PostLogistics am Hauptsitz in Bern. Seit 2004 ist er im oberen Kader der Schweizerischen Post in der Funktion des Leiters Systemtransporte PostLogistics in Härkingen (SO) tätig. Er ist verantwortlich für sämtliche Schienentransporte der Post, die Strassentransporte für Pakete zwischen drei Sortierzentren und 51 Standorten der Distribution, die Verfügbarkeit von Sachmitteln der Paketlogistik sowie die Transport- und Hoflogistikprozesse und das Krisenmanagement der schweizweiten Paketverarbeitung.

---

Thomas J. Ernst, Leiter Systemtransporte  
PostLogistics, Härkingen, [thomasjakob.ernst@post.ch](mailto:thomasjakob.ernst@post.ch)

## 5.3 (KEINE) GRENZEN DER TECHNIK?

### MATTHIAS HANDSCHIN

Wir kommen jetzt zum trägen Teil, zur Eisenbahn. Sie haben es ja vorher gehört. Wie wird der öffentliche Verkehr der Zukunft aussehen? Sind es die Grenzen der Technik? Oder sind es vielmehr andere Faktoren, die darüber entscheiden, ob ein stabiles Angebot gewährleistet werden kann und die Züge mobil bleiben? Sie ahnen es schon: Ich bin Ingenieur, somit reizt es mich, technische Lösungen zu finden, um heute noch technische Grenzen zu überwinden. Ich reibe mich dann oftmals an den administrativen, psychologischen oder sonst welchen Grenzen, die es bei Projekten immer wieder gibt. Wie sieht der öffentliche Verkehr 2035 aus? Blicken wir in die Zukunft. Das ist nicht ganz einfach. Die SBB haben uns, also die Firma ALSTOM, aber auch andere gebeten, mit ihnen zusammen einmal ins Jahr 2035 zu schauen. Ich kann Ihnen sagen, das war echt herausfordernd. Wenn man die Literatur ein bisschen durchforscht, dann findet man noch Zukunftsprognosen bis zum Jahr 2025, so zum Beispiel eine entsprechende DB-Studie <sup>47</sup>, die letztthin veröffentlicht wurde. Man kann natürlich auch statistische Daten extrapolieren. Aber damit hat es sich dann schon. Einigermassen gesichert wissen wir eigentlich nur, dass die Perrons nicht mehr so leer aussehen werden, in Zukunft, dass auf der Bahn – und das war eine Arbeitsgrundlage, oder eine Arbeitshypothese – der Verkehr etwa um 50% zunehmen wird. Das hat die Vergangenheit ja auch gezeigt: Verkehrsprognosen werden in der Regel eingehalten, oder übertroffen. Trotzdem, in die Zukunft schauen ist echt schwierig.

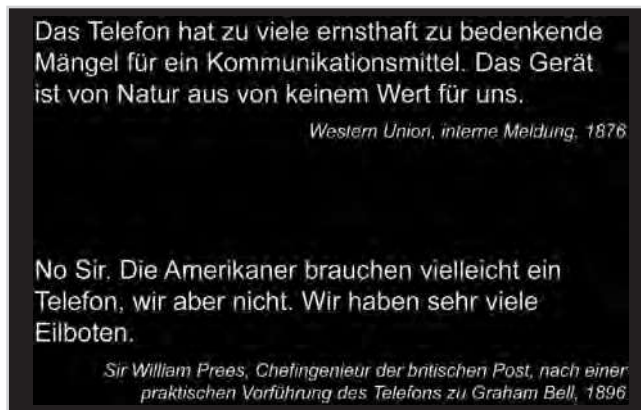


Abbildung 1: Historische Fehleinschätzungen

Wenn man weit in die Zukunft schaut, und 25 Jahre sind weit in unserer schnelllebigen Zeit, dann sind grobe Fehleinschätzungen durchaus möglich. Damit wir doch einigermaßen von einer gesicherten Basis ausgehen konnten, sind wir so vorgegangen: Weil wir 2035 noch nicht auf unserem Radar sehen, haben wir ausgehend vom Referenzjahr 2010 25 Jahre zurückgeschaut um dann besser ins Jahr 2035 extrapolieren zu können. In der Folge sehen Sie jeweils ein Schwarz-Weiss-Bild: das ist die Bahn oder die SBB vor 25 Jahren. Dann sehen Sie das Farbbild: das ist, wie die Bahn heute fährt. Davon ausgehend haben wir dann interdisziplinär, wie die heutige Veranstaltung mit Historikerinnen, mit Soziologinnen und anderen Disziplinen, überlegt, welche heutigen Bedürfnisse in Zukunft immer noch da sind und wie sie dann gedeckt werden könnten? Auch in Zukunft werden die Reisenden mit Gepäck unterwegs sein. Also man muss auch in einem Zug der Zukunft das Gepäck unterbringen. Wenn man dann die neuen LED-Technologien auch richtig einsetzt, dann finden sogar ungeübte Reisende den Platz, an dem sie ihren Koffer abstellen können.

Die Eisenbahn war immer interdisziplinär. Und das wurde von vielen Vorrednerinnen und Vorrednern bereits betont. Es ging immer über irgendwelche Grenzen hinweg. Wo waren denn die Grenzen 1985? 1985 gab es eine intensivste Zusammenarbeit, nicht nur zwischen den damals noch voll integrierten Bahnen, sondern auch zwischen der Bahn und der Industrie. Ein Beispiel ist das Rollmaterial der S-Bahn Zürich, das zwar in ganz vielfältiger Art und Weise, aber in intensivster Zusammenarbeit zwischen der Industrie und der Bahn entwickelt wurde. Heute haben eigentlich alle Angst vor

<sup>47</sup> Zukunftsperspektiven für Mobilität und Transport; Eisenbahn in Deutschland 2025; Deutsche Bahn und McKinsey & Company zum 175-jährigen Jubiläum der Eisenbahn in Deutschland im Jahr 2010

dem öffentlichen Beschaffungsrecht. Man weiss nicht mehr so recht, ob man eigentlich noch zusammenarbeiten darf, oder nicht. Dabei gibt es in der EU – und das ist jetzt der Vorteil der Arbeit in einem internationalen Konzern – durchaus verschiedene Beispiele, wie man trotzdem, trotz EU-Beschaffungsrecht, nach wie vor zusammenarbeiten kann. England wurde schon geschmäht. Für uns ist England aber mit Virgin Trains eine Erfolgsstory. Wir haben dort mit einem Partner wirklich in partnerschaftlicher Weise ein InterCity-Angebot aufgebaut. Das hängt vor allem damit zusammen, dass in England lange Konzessionsdauern üblich sind, die es auch ermöglichen, eine langfristige Partnerschaft aufzubauen.

In Deutschland ist es ganz anders: Deutschland hat kurze Konzessionsdauern. Dort findet der Wettbewerb eigentlich nur noch zwischen Fuhrhaltern statt. Die neuen privaten Betreiber benutzen die gleichen Fahrzeuge, die früher die DB fuhr. Sie haben einfach andere Farben. Die Betreiber sind vielleicht noch mit ihrem Personal lokal verwurzelt und unterscheiden sich durch den Service.

Noch einmal ein anderes Beispiel, Frankreich, wurde auch schon erwähnt: Das Monopol der SNCF. Die SNCF monopolisiert nach wie vor den Markt, auch im Regionalverkehr, und bestimmt eigentlich, was zu tun ist. Sie spezifiziert die Fahrzeuge bis ins letzte Detail und die Industrie darf sie dann noch bauen.

Wie öffentlicher Verkehr in der Zukunft aussehen kann, wird in den verschiedenen Ländern auch ganz unterschiedlich gesehen. Hier das Beispiel der Tram-Train-Fahrzeuge. Seit langen Jahren verkehren die Fahrzeuge bereits in Köln. Das war möglich, Deutschland hat hier eine Vorreiterrolle gespielt. Bis die Fahrzeuge dann aber in Frankreich fahren konnten, waren nochmals aufwendigste, technische Entwicklungen nötig, damit die Fahrzeuge auch den französischen Crash-Normen entsprechen konnten. Hier hoffe ich, dass wir den in der neuen Eisenbahn-Verordnung verankerten gut schweizerischen Ansatz, das GAMAB-Prinzip (frz. Globalement Au Moins Aussi Bon), in die Zukunft retten können. Also dass man die neuen Lösungen nicht ausschliesslich nach der Erfüllung von Normen, sondern auch mit gesundem Menschenverstand anschaut.

Aber ich bin Ingenieur, ich will Ihnen die Technik nicht vorenthalten. Kommen wir also zu einem etwas technischeren Problem. Bei der Einführung der S-Bahn Zürich hatte man einen grossen Bestand alter Fahrzeuge, Sie sehen hier den einzigen richtigen Vorortstriebzug, den die SBB jemals hatte, die Mirage-Züge. Die waren auch unschlagbar. Sie hatten überall die kürzesten Fahrzeiten, sie wurden deshalb auf den wichtigsten Strecken, nämlich am rechten Zürichsee-Ufer eingesetzt. Der Doppelstock-Pendelzug (DPZ), den Sie auf dem Farbbild sehen, hatte anfänglich ziemliche Schwierigkeiten. Die Türen waren einfach viel zu langsam. Als es um die Bestellung der dritten Serie DPZ ging, hat sich der Betrieb dagegen gewehrt, weil sich das Fahrzeug nicht für alle S-Bahn-Strecken eignete. Man hat dann mit intensivsten Versuchen und Nachrüstungen bei den DPZ die Zwangstürschliessung eingeführt, und man hat eingeführt, dass die Türen sich bereits im Fahren öffnen, sodass die Türe vollständig offen ist, sobald der Zug stillsteht. Eine Unmöglichkeit in anderen Ländern. In der Schweiz war es damals möglich dank einer guten Zusammenarbeit zwischen der Industrie, der Bahn und den Aufsichtsbehörden. Das hat dann den Weg für die Bestellung der dritten Serie frei gemacht. Eine kleine Anekdote muss ich Ihnen trotzdem noch erzählen: Drei Monate, nachdem wir dann diese Massnahmen beschlossen hatten – die haben mehrere hunderttausend Franken gekostet – hat mich ein Kollege aus dem Betrieb zur Seite genommen und mir gedankt und gesagt: Ja, es sei schon gut, jetzt sei der Betrieb wieder stabil. Zu diesem Zeitpunkt war aber noch kein einziges Fahrzeug umgebaut. Ich gehe also davon aus, dass es auch noch andere Verspätungsursachen gab.

Wie geht jetzt die Entwicklung weiter, bei den Türen? 1985 gab es vereinzelte Aktivisten, die mit dem Rollstuhl in der Eisenbahn fuhren. Heute sind diese Vorkämpfer etabliert und fahren bequem mit dem Zug. Man kann heute in die Züge hineinrollen. Das hat aber auch Folgen. Eine minimale Spaltbreite zwischen Bahnsteigkante und Fahrzeug wurde quasi zum Dogma. Das führt dazu, dass neue Fahrzeuge ausschliesslich mit Schiebetritten bestellt werden, und das hat Folgen für die Wartezeiten. Hier muss zwingend der Schiebetritt ausgefahren sein, bevor die Türe öffnen darf. Also sind diese Türen sehr viel langsamer als die Türen des DPZ. Dazu kommt, dass auch der beste Schiebetritt bei den unterschiedlichen Perron-Höhen, die wir in der Schweiz immer noch haben, manchmal an seine Grenzen stösst.

Wir bieten selbstverständlich diese Schiebetritte auch an, wir können das auch einbauen. Aber wenn wir wieder schneller werden wollen, mit der S-Bahn, dann müssen wir uns überlegen, wie wir wieder einfacher werden. Der Zürcher Verkehrs-Verbund ZVV hat sich die Einfachheit ganz bewusst zum Ziel gesetzt. Die technischen Lösungen setzen hier keine Grenzen mehr. Aber die Komplexität führt dazu, dass man manchmal langsam oder instabil wird. 99 Prozent der Reisenden benötigen keine Schiebetritte. Und die Normen erlauben einen Spalt von 20 Zentimetern, in Kurven sogar noch etwas mehr.

Kommen wir noch zu einem anderen technischen Gebiet: der Signalbereich. 1985 gab es auch bei den SBB noch Form-Signale, so genannte Semaphore. Heute ist das European Train Control System ECTS Standard. Die grössten Fortschritte in den vergangenen 25 Jahren haben ganz klar die Signal- und Informationstechnik gemacht. Die vielfältigen Entwicklungen und die Grenzen der Nationalstaaten haben allerdings dazu geführt, dass im internationalen Verkehr mehrere Systeme parallel einzubauen sind. Wir haben heute in Europa einen Flickenteppich von ganz verschiedenen Signalsystemen, die grenzüberschreitenden Verkehr erschweren. Wenn Sie den Führerstand anschauen, dann sehen Sie, wie viele Signalsysteme darin unterzubringen sind. Nicht nur hier, auch im Unterboden der Lok oder des Wagens fehlt der Platz für all die Signalempfänger. Was macht man heute? Das Prinzip ist, dass man ein standardisiertes Schnittstellengerät hat, zwischen der Fahrbahn und dem Fahrzeug.

Bei ETCS gibt es verschiedene Levels. Im ersten Level beachtet der Lokomotiv-Führer immer noch die Signale. Im zweiten Level wird ihm das Signalbild im Führerstand angezeigt, und zwar über eine normale GSM, also die Natel-Kommunikationsverbindung, die allerdings mit kleinen Bahn-Zusätzen erweitert wurde, damit das Signal sicher ankommt. Aber da verwendet man industrielle Technologien. Wie wird jetzt ein solches System eingeführt? Die SBB hat das System für die Neubaustrecke Mattstetten-Rothrist beschafft. Sie wusste, dass das System bei Inbetriebsetzung dieser Neubaustrecke laufen musste. Die Bestellung hat sich dann allerdings etwas verzögert und ein zweites Problem gab noch dazu: Die Normen für dieses System änderten sich im Zweijahres-Takt. Also alle zwei Jahre kommt – wie man das auch von anderen Computerprogrammen kennt – wieder eine neue Generation, wo die neuen Anforderungen wieder integriert werden. Wie kann man jetzt ein Projekt mit einer mehrjährigen Laufzeit, stabil einführen, wenn die Normen sich so rasch ändern?

Zusammen mit den SBB entwickelten wir die Idee von «Schattenfahrten». Dabei fährt der Zug nach den alten, ortsfesten Signalen, und das neue System läuft mit, füllt aber nur einen Fehler-speicher. Und Fehler gab es. Wie jede Software, ist eine Software bei der ersten Version nicht perfekt. In der kontinuierlichen Erprobung haben wir dann diese Fehler ausgemerzt. Bei einer Flotte von 500 Fahrzeugen ergaben sich dann auch sehr viele verschiedene Software-Versionen. Da muss man die Konfiguration gut im Griff haben. Auch im Schatten hat man berechnet, wie viele Verspätungen das Einschalten einer solchen Technik zur Folge gehabt hätte. Und erst als die SBB sich von der Stabilität des Systems überzeugt hatten, gaben sie grünes Licht. Zuerst nur in der Nacht und dann Schritt für Schritt auch stundenweise bei Tag. Ab März 2007 wurde schliesslich der 24-Stunden-Betrieb eingeführt. Heute ist ECTS eine erprobte Technologie.

Die neuen Technologien müssen nicht nur eingeführt werden, sie müssen später auch gewartet werden. Dabei ist die eine Herausforderung die Integration in eine bestehende Umgebung. Oftmals müssen wir heute unsere Technologie in fremde Lokomotiven, also in Lokomotiven der Konkurrenz einbauen. Die zweite Herausforderung: Die Schweiz hat vier Nachbarländer. Österreich, wo wir zurzeit auch 500 Lokomotiven und Steuerwagen und Fahrzeuge ausrüsten, hat sieben Nachbarländer mit verschiedenen Kulturen. Eine einheitliche Technik garantiert noch nicht, dass wir uns gegenseitig verstehen. Und dann der letzte Punkt: Wenn wir die Fahrzeuge des Güterverkehrskorridors von Antwerpen oder von Rotterdam nach Genua haben, dann fahren die durch fünf Länder, das heisst, es waren in der Vergangenheit fünf verschiedene Zulassungen zu bewältigen.

Wir haben heute immerhin auf Initiative der Schweiz eine Zusammenarbeit zwischen den Aufsichtsbehörden in Europa so, dass wir zumindest einen grossen Teil gemeinsam prüfen können und dann nur noch die gewissen länderspezifischen Anpassungen machen müssen. Also die Herausforderung heute technischer Systeme ist die Integration, dann die Zulassung und dann über die gesamte Lebensdauer der Service.

Was war unsere Antwort an die SBB? Wie sehen die Regionalverkehrsfahrzeuge 2035 aus? Das ist die Flotte heute (Folie). – Wir wissen es nicht, wie die Fahrzeuge 2035 aussehen. Aber wir wissen, dass 50 Prozent der heutigen Flotte in 25 Jahren nicht mehr da ist. Und alle schwarzen Leerstellen sind Chancen. Es werden, vielleicht nach wie vor doppelstöckige Fahrzeuge sein. Wir wollen ja in Zukunft mehr Personen transportieren. Möglich ist aber auch die Rückkehr zu einstöckigen Fahrzeugen, wegen ihrer Vorteile bei den Personenwechseln in den Bahnhöfen: ebenerdiges einsteigen in ein einstöckiges Fahrzeug geht schneller. Allerdings gibt es noch ein paar technische Grenzen zu überwinden, wenn die Fahrzeuge für die Schweiz oder für Frankreich bestimmt sind, wo die Bahnsteige nur 55 Zentimeter hoch sind. Durchgängig niederflurige Fahrzeuge für 55 Zentimeter Wagenbodenhöhe, gibt es noch nicht.

Kommen wir nochmals zurück zur Informationstechnologie: 1985 war der Regionalverkehr begleitet. Heute gibt es allenfalls in den Bahnhöfen noch Kundendienstpersonal (Kundenlenker). Relativ wenig Innovation gab es im Führerstand. Es gab schon eine Revolution: es dürfen heute auch Frauen eine Lokomotive führen und die Führerstände sind klimatisiert. Aber sonst ist es immer noch so, dass ein Lokführer oder eine Lokführerin die Signale beachtet, das in Handlungen umsetzt und so den Zug führt. Die schönsten Plätze im Zug sind eigentlich die meiste Zeit nicht genutzt. Warum setzen wir den verbleibenden Mitarbeiter nicht polyvalent ein? Alle neuen Metrosysteme verkehren automatisch. Eine Stadt nach der anderen schickt sich an, die bestehenden Metrosysteme umzubauen, damit sie automatisch betrieben werden können. Vielleicht ist automatischer Bahnbetrieb noch eine kühne Vision, aber wenn wir es gemeinsam angehen, ist er möglich. Die entsprechenden Technologien sind vorhanden. Die Strasse spricht ja schon lange davon, dass die Autos alleine und automatisch fahren können. Hier müssen wir nicht einmal das Problem der Lenkung berücksichtigen. Ich wage die Vorhersage, dass künftig die Regionalzüge automatisch fahren. Dann kann der Mitarbeiter der Bahn, der heute im Führerstand sitzt für den Kundendienst da. Dann kann man auch auf den Schiebetritt verzichten und ein Brett hinlegen, damit der Rollstuhlfahrer wirklich überall hereinrollen kann. Soweit meine Vision. Wir sind daran, im Metrobereich, diese Vision vorzubereiten, mit der RATP und wir würden uns freuen, auch andernorts einen Partner zu finden, mit dem wir solche Visionen trotz Bundesgesetz über öffentliches Beschaffungswesen entwickeln können.



Matthias Handschin (\*1961) diplomierte 1983 als Elektroingenieur an der ETH in Zürich. Er startete seine Laufbahn als Projekt Ingenieur für Strassen- und Regionalbahnen bei BBC AG Brown Boveri & Cie. 1987 wechselte er zu den Schweizerischen Bundesbahnen, wo er verschiedene Funktionen innehatte. Unter anderem leitete er ein grosses Industriewerk und war anschliessend als Leiter Rollmaterial und Service der Division Personenverkehr verantwortlich für die Beschaffung und Instandhaltung der Fahrzeuge für den Personenverkehr. 2004 wechselte er in die Geschäftsleitung der Regionalverkehr Mittelland AG als Leiter Werkstatt und Projektleiter der Fusion mit der BLS AG. Seit 2006 ist er Managing Director von Alstom Transport in der Schweiz.

---

Matthias Handschin, Managing Director  
ALSTOM Transport (Schweiz AG)  
[matthias.handschin@transport.alstom.com](mailto:matthias.handschin@transport.alstom.com)



## 5.4 LEITZENTRALE ODER SELBSTORGANISATION – WAS KANN DER SCHIENENVERKEHR VOM STRASSENVERKEHR LERNEN UND UMGEKEHRT?

**FRITZ BUSCH**

Das Thema des Beitrags unterstellt indirekt die Zuordnung *Leitzentrale* = *Schiienenverkehr* und *Selbstorganisation* = *Straßenverkehr*. Ist dies zutreffend? Welche sind die charakteristischen Merkmale der beiden Organisationsformen in Bezug auf das Verkehrswesen?

*Selbstorganisation* lässt sich wohl im Wesentlichen verbinden mit den Aussagen:

- Es existieren keine zentral aufgestellten Regeln oder Verhaltenshinweise.
- Regeln werden ad-hoc unter den Teilnehmern beschlossen, bzw. verhandelt.
- Die Regeln besitzen eine hohe zeitliche Dynamik.
- Die Regeln sind meist stark lokal begrenzt.
- Es existiert keine Verlässlichkeit in der Handhabung von Situationen.

Demgegenüber sind wesentliche Aussagen zu *Leitzentralen*:

- Es existieren feste Regeln für die Bewegung und die Interaktion der Fahrzeuge.
- Es existieren feste Regeln für die Handlungen der Fahrer.
- Die Regeleinhaltung wird streng überwacht und durchgesetzt.
- Es existiert eine maximale Verlässlichkeit in der Handhabung von Situationen.

Ist die Zuordnung des Beitragstitels also richtig? Nein, sie ist es sicher nicht in dieser extremen Form, denn im *Straßenverkehr*

- wird ein großer Teil der Sicherheitsverantwortung dem Fahrer übertragen,
- liegt ein gewisser Grad an zentralisierter Steuerung durch Verkehrsregeln, (z.B. eine Straßenverkehrsordnung) vor, und
- wird deren Befolgung zumindest stichprobenhaft überwacht und durchgesetzt.

Im Vergleich zum Schienenverkehr ergeben sich dadurch

- ein höheres Unfallrisiko
- höhere Fahrzeugdichten auf den Strecken
- geringere erreichbare Geschwindigkeiten
- flexiblere Reaktionsmöglichkeiten auf Störungen
- höhere externe Kosten

Die heutige Maximalform von Selbstorganisation im Straßenverkehr bildet wohl das Konzept des gemeinsam genutzten Verkehrsraumes, des «Shared Space». Es reduziert die externe Verkehrsregelung auf ein Minimum, der Schwerpunkt liegt auf gegenseitiger Rücksichtnahme und Abstimmung. Erreicht wird hierdurch vor allem eine Reduktion der Geschwindigkeiten und Erhöhung der Verkehrssicherheit. Aber auch im Straßenverkehr ist der Einsatz von Leitzentralen verbreitet und ordnet Verkehrsabläufe in weiten Bereichen – mit «weichen» empfehlenden Maßnahmen (Routenempfehlung, Verkehrslageempfehlung, etc.) wie auch mit «harten», regelnden Maßnahmen (Ampeln, variable Geschwindigkeitsbegrenzungen, etc.). Allerdings liegt auch hier bis heute die Verantwortung zur Befolgung der Regeln beim Fahrer und es erfolgen keine automatischen Zwangseingriffe, was aus technischer Sicht inzwischen möglich wäre. Durch die Fortschritte in der Informations- und Kommunikationstechnik entstehen neue Möglichkeiten der Vernetzung von Verkehrsteilnehmern, Fahrzeugen und Leitinfrastruktur, es wird neuartige und mehr Information verfügbar. Ob hierdurch der Grad der Selbstorganisation zunehmen wird und wie das Zusammenwirken von einem sich selbst organisierenden Individualverkehr mit übergeordneten Zielen eines systemorientierten Verkehrsmanagements erfolgt, ist derzeit noch nicht absehbar oder forschungsseitig gelöst.



Der *Schienenverkehr* stellt sich demgegenüber anders dar: Auch hier herrscht keine vollständige zentralisierte Steuerung. Ein großer Teil der Sicherheitsverantwortung liegt bei der Zugsicherung, mit sinkender Geschwindigkeit steigt der Spielraum der Fahrer sogar noch (bis hin zum Fahren auf Sicht z.B. im städtischen Oberflächenverkehr). Überwachung und Durchsetzung von Regeln variieren von einer stichprobenhaften bis hin zur absoluten Durchsetzung. Im Vergleich zum Straßenverkehr ergeben sich damit geringeres Unfallrisiko

- niedrigere Fahrzeugdichten auf den Streckenabschnitten
- höhere erreichbare Geschwindigkeiten
- aber nur relativ starre Reaktionsmöglichkeiten bei Störungen
- niedrigere externe Kosten.

Die Regel bei Eisenbahnen ist das Fahren nach Zugsicherung, d.h.

- ein Sicherungssystem gibt Fahrplantrassen vor
- der Zugabstand wird (innerhalb eines bestimmten Rahmens) vorgegeben
- die Geschwindigkeit wird vorgeschrieben
- es besteht eine ausgeprägte Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation

Im Endeffekt werden dabei Fahrzeugdichte und Einfachheit der Steuerung zu Gunsten von höherer Geschwindigkeit und Verlässlichkeit «geopfert».

Die Maximalform einer Selbstorganisation im schienenengebundenen Verkehr ist sicher im städtischen Bereich für Straßenbahnen zu finden, die im gemeinsamen Straßenraum mit Individualverkehr auf Sicht fahren. Hier gelten primär die Regeln der Straßenverkehrsordnung. Die Geschwindigkeiten sind reduziert gegenüber dem Fahren auf separatem Gleiskörper, die Fahrzeugdichte kann sehr hoch werden, aber Sicherheit und betriebliche Zuverlässigkeit sinken bei einem insgesamt etwas geringeren Steuerungsaufwand, was auch bedeutet, dass die Verantwortung teilweise auf den Fahrer verlagert wird.

Ein anderes Extrem stellt der vollautomatische Fahrbetrieb dar, erstmalig bereits in den 1980er-Jahren in Lille eingeführt, in der derzeit wohl weltweit anspruchsvollsten Form seit 2008 in Betrieb in Nürnberg, wo automatisch fahrende und konventionell durch Fahrzeugführer gesteuerte Züge auf gleichen Teilstrecken des Liniennetzes im Einsatz sind. Im automatischen Fahrbetrieb werden menschliche Handlungen reduziert auf eine (Fern-)Überwachung, das Risiko menschlichen Versagens minimiert sowie höhere Fahrzeugdichte und eine größere Flexibilität der Angebotsgestaltung erreicht. Gleichzeitig nimmt aber das Risiko eines technischen Versagens auf Grund der Komplexität des Gesamtsystems zu. So verzögerte sich beispielsweise die Einführung des hochkomplexen Nürnberger Systems um mehr als 2 Jahre, überwiegend wegen zahlreicher nicht vorhersehbarer technischer Schwierigkeiten, etwa im Bereich der Fahrwegüberwachung.

## ***GEMEINSAMKEITEN ZWISCHEN STRASSE UND SCHIENE***

Schon heute bestehen Gemeinsamkeiten zwischen den beiden Systemen «Straße» und «Schiene»: So werden zum Beispiel beim linienzugbeeinflussten Fahren auf «elektrische Sicht» menschliche Eigenschaften wie visuelles Erkennungsvermögen und situationsabhängige Reaktionen auf das Sicherungssystem übertragen. Bei geringeren Fahrgeschwindigkeiten wird ein Teil der Sicherheitsverantwortung an das Fahrpersonal zurück übertragen und auf harte Durchsetzungsmaßnahmen wird verzichtet, indem z.B. bei Maximalgeschwindigkeiten unter 100 km/h die Absicherung durch eine punktförmige Zugbeeinflussung (PZB) nicht notwendig ist.

Auch der Straßenverkehr kennt «schienenverkehrsähnliche» Konzepte: So ist die vorausschauende Steuerung im Rahmen von Netz- und Streckenbeeinflussungsanlagen auf Autobahnen im Grunde nichts anderes als eine Integration der übergreifenden Sicht einer Leitzentrale in die «Selbstorganisation» des Straßenverkehrs. Die Harmonisierung des Verkehrsflusses durch Vorgabe von Höchstgeschwindigkeiten und Überholverbote stellt eine Übertragung von Prinzipien der Zugsicherung auf den Straßenverkehr dar. Und was ist die Einrichtung eines Systems sogenannter «Grüner Wellen» für städtische Ampelsysteme anderes als die Vorgabe von Fahrplantrassen für den Straßenverkehr? Treffenderweise wurde dies früher oft auch als «Stadtfahrplan» für den Individualverkehr bezeichnet.

Mit dem Wandel der Zeiten entstehen jedoch neue Anforderungen an Straßen- und Schienenverkehrssysteme:

- Die gesellschaftlichen Wertvorstellungen ändern sich und die Prioritäten werden neu gesetzt: Energieeffizienz, Ökologie und Sicherheit stehen im Vordergrund (siehe zum Beispiel die aktuell hohe Bedeutung der E-Mobilität und Diskussion zur postfossilen Gesellschaft); Beförderungsgeschwindigkeit und kurze Reisezeiten treten in den Hintergrund der Bewertung im Personenverkehr.
- Demgegenüber erfordern die gleichen Wertstellungen in Verbindung mit weiterem Wirtschaftswachstum allerdings die Erhöhung der Kapazitäten für Personen und vor allem für Güter auf der Schiene.
- Die Mischung von Zuggattungen wird auf Grund der Flexibilisierung und Ausweitung der Angebote im Schienenverkehr weiter zunehmen, womit erhöhte Anforderungen an Sicherheit und Energieeffizienz einhergehen.
- Demografischer und struktureller Wandel verändern die Anforderungen an die System- und Angebotsgestaltung: Es wird immer mehr ältere Pkw-Fahrer geben, die länger mobil bleiben und den gewohnten hohen Komfortanspruch von heute «mitnehmen». Der Rückzug in die Städte und Ballungszentren in Verbindung mit der weiter fortschreitenden Ausdünnung ländlicher Räume verschärft diese Herausforderung.
- Die Anzahl der Systembetreiber und Mobilitätsangebote vervielfältigt sich. Eine Harmonisierung der angebotenen Informationen und Dienste im Hinblick auf systemoptimale Lösungen wird dadurch schwieriger, auftretende Störungssituationen gewinnen deutlich an Komplexität und sind nur bei effektiver Vernetzung der Betreiber handhabbar.
- Der «Kunde» wird insgesamt anspruchsvoller: Mobilitätsanspruch, Technologienutzung und Flexibilität nehmen zu, der Grad an Informiertheit und Informationsanspruch steigt und damit auch die «Gefahr» einer zunehmenden Dezentralisierung und Selbstorganisation.

### ***(WO) IST GEGENSEITIGES LERNEN MÖGLICH?***

Können die beiden Grundsysteme «Schiene» und «Straße» voneinander lernen? Einige Gedanken dazu aus der Sicht der Schiene:

- Die etablierten Sicherungssysteme könnten Prinzipien der «Selbstorganisation» übernehmen, z.B. durch weitere Flexibilisierung der LZB (Einführung des sogenannten Moving Block) oder durch flexible Trassenvorgaben analog einer adaptiven Lichtsignalsteuerung.
- Eine stärkere Flexibilisierung der Reaktion auf Störungen ließe sich erreichen durch Einbeziehung komplexerer Maßnahmen (z.B. Kurzwenden, Linien-, Kurs- und Fahrzeugtausch), also durch eine Art «angeleiteter» Selbstorganisation des Systems.
- Eine Übertragung der Konzepte der Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation auf die Schiene ist auch im Bereich sicherheitsrelevanter Systeme vorstellbar, z.B. durch Schaffung einer zweiten Ebene neben der Leitzentrale, durch Erhöhung des Entscheidungsspielraums der Fahrer und durch Verbesserung der Fahrerassistenz (teilautomatisiertes Fahren).
- Ein zum Teil bereits angegangener Ansatz ist auch, den Fahrgast als Teil des Systems zu erkennen (d.h. die Selbstorganisation in die nächstfeinere Ebene zu tragen), indem die Fahrgastnavigation als Pendant zur Fahrernavigation genutzt wird, die Fahrgastassistenz für spezielle Personengruppen verstärkt wird, oder auch der Faktor «Joy of Use» und die immer besser informierten Sozialen Netzwerke (Facebook etc.) einbezogen werden.

Aus der Sicht der Straße sind Themenfelder zum Beispiel:

- Die bereits begonnene Vernetzung wird intensiviert durch den Ausbau der Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation und die Verknüpfung mit den Möglichkeiten der direkten Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation. Hiermit verbessert sich die globale Sicht des einzelnen Fahrzeugs auf die Gesamtverkehrs- und Fahrsituation und es wird möglich, verbesserte Lösungen für ökologisches Fahren und Verkehrssicherheit zu implementieren.
- Erweiterung der Assistenzfunktionen (Spurhalten, Vermeiden von «Flankenfahrten» an Knotenpunkten oder Anschlussstellen etc.) ergeben insbesondere für ältere Fahrer wirksame Möglichkeiten, den Einsatzhorizont des eigenen Fahrzeuges zu erweitern. Wichtig ist in diesem Bereich der Abstimmungsprozess mit den übergeordneten Zielen einer städtischen oder regionalen Leitzentrale (durch strategiekonformes Routing z.B.), um Widersprüche zwischen den individuellen und den kollektiven, systemischen Zielen zu vermeiden.

## EIN FAZIT

Betrachtet man die beiden Extrempole «absolute Selbstorganisation» und «absolute Leitzentrale», so ist festzustellen, dass diese im Grunde in beiden Verkehrssystemen in Reinkultur nicht anzutreffen sind. Die systembedingten Unterschiede der zwei Systeme führen auch zu Unterschieden in der Philosophie ihrer Steuerung. Als Reaktion auf bisherige Problemstellungen, aber begrenzt durch gegebene technologische Grundprinzipien, haben sich die Philosophien jedoch einander angenähert.

Die gesellschaftlichen, marktwirtschaftlichen und technologischen Veränderungen der kommenden Jahre im Mobilitätsumfeld und die damit verbundenen Herausforderungen lassen sich durch Übertragung einiger Steuerungsprinzipien unter den Verkehrssystemen vermutlich deutlich besser bewältigen. Erste Schritte in diese Richtung sind in beiden Systemen erkennbar.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass *der Weg in die Zukunft der Mobilität für Personen und Güter* nur über eine hochgradige *Vernetzung und Flexibilisierung der Verkehrssysteme* erfolgen kann – eine begünstigende Voraussetzung dazu kann die Annäherung der jeweiligen, systembedingt gewachsenen Steuerungsprinzipien bilden.



Fritz Busch schloss 1980 sein Studium im Bauingenieurwesen an der Universität (TH) Karlsruhe ab. Anschliessend arbeitete er als Wissenschaftlicher Mitarbeiter mit Forschungsschwerpunkt Verkehrsflusstheorie ebenfalls an der Universität (TH) Karlsruhe. Seine Promotion im Bereich Verkehrstechnik schloss er 1986 ab. Von 1986 bis 1990 arbeitete Fritz Busch bei der SSP Consult in Stuttgart. Danach war er während 1990 – 2002 Abteilungsleiter und Mitglied der Leitung bei der SIEMENS AG (Intelligent Traffic Systems). Seine Aufgabenbereiche umfassten sowohl die Forschung, als auch Consulting und internationale Projekte. Seit 2003 ist er Universitätsprofessor und Ordinarius an der Technischen Universität München. Seine dortigen Forschungsschwerpunkte beinhalten die Verkehrstelematik im Bereich MIV und ÖV, kooperative Systeme im Verkehr, intermodales Verkehrsmanagement, Umwelt und Verkehr sowie die Verkehrssicherheit. 1987 wurde er mit dem Dambach-Preis ausgezeichnet. Im Jahr 1994 nahm er die Feuchtinger / Wehner Gedenkmünze der Verkehrstechnik entgegen.

---

Fritz Busch, Verkehrswissenschaftler  
Technische Universität München, busch@vt.bv.tum.de

---

# 6

---

# 6 KOMPLEXE VERKEHRSSYSTEME ALS HERAUSFORDERUNG UNSERER GESELL- SCHAFT – VIDEO-INPUTS, KOMMENTARE, DISKUSSION

## 6.1 DISKUSSIONSRUNDE

### *MODERATION GIAN-MATTIA SCHUCAN*



Gian-Mattia Schucan schloss ein Studium an der ETH Zürich 1998 als dipl. phys. ab und promovierte 1998 an der Universität Oxford zum DPhil. Nach einem Aufenthalt als Dozent an der Yanbian University of Science & Technologie in Yanji (China) folgte die Tätigkeit als Unternehmensberater bei McKinsey & Co. in Zürich. Seit 2002 ist Gian-Mattia Schucan bei der SBB AG in Bern tätig, wo er seit 2007 Vertrieb & Services leitet und als Mitglied der Geschäftsleitung SBB Personenverkehr wirkt.

---

Gian-Mattia Schucan, Leiter Vertrieb und Services  
SBB Personenverkehr, Bern, gian-mattia.schucan@sbb.ch

### *TEILNEHMERINNEN UND TEILNEHMER*

Renate Mayntz, Soziologin  
Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung, Köln  
mayntz@mpifg.de

Anita Schöbel, Mathematikerin  
Georg-August-Universität Göttingen, schoebel@math.uni-goettingen.de

Joos Bernhard, Leiter Regelung + Entwicklung  
Dienstabteilung Verkehr der Stadt Zürich, joos.bernhard@zuerich.ch

Fritz Busch, Verkehrswissenschaftler  
Technische Universität München, busch@vt.bv.tum.de

Die Diskussionsrunde wurde eingeleitet durch Videoclips, die einerseits unkonventionelle Verkehrsmittel zeigten, zum Teil als Utopie oder Testanlage, und andererseits die Realität der heutigen Verkehrsnetzauslastung: Trottoir-Rollbänder der Weltausstellung in Paris von 1900, Ausschnitte aus dem Spielfilm «Metropolis» von Fritz Lang, ein Kabinentaxi-Versuch aus den 1970er-Jahren, die in kurzer Folge in den Hauptbahnhof Zürich einfahrenden Züge der Stundenspinne heute und die Vision eines «Straddle-Busses», unter dem Autos durchfahren können, aus China.



## 6.2 TRANSKRIPTION DER DISKUSSION

**U. B. Wili:** Wir kommen jetzt zum vierten Teil unseres Symposiums. Dieser vierte Block wird geleitet von Herrn Gian-Mattia Schucan. Gian-Mattia Schucan ist diplomierter Physiker. Er hat hier an der ETH Zürich studiert und nachher promoviert an der University of Oxford. Er war tätig als Dozent an der Yanbian University of Science & Technology in Yanji in China und war dann Unternehmensberater in der Schweiz und seit 2002 ist er bei der Schweizerischen Bundesbahn in Bern tätig. Er ist dort Leiter des Geschäftsbereichs Vertrieb und Services und Mitglied bei der Geschäftsleitung SBB Personenverkehr. Bevor wir in diese Diskussion starten, zeigen wir zum Einstieg eine kleine Sammlung von Videoclips zum Thema «Wie hat die Zukunft in der Vergangenheit ausgesehen?» Und da knüpfen wir an, an den Diskussionsbeitrag von eben, mit der Band-Autobahn. 1900 gab es nämlich in Paris bereits einen Band-Gehsteig.

**G.-M. Schucan:** Herzlichen Dank. Wir haben heute die historische Dimension gehabt, wir haben aktuelle Thesen gehört, wir haben Visionen gesehen, im Film haben wir historische Visionen gesehen, aktuelle Realitäten, wie sie auf unserem SBB-Netz stattfinden und auch wieder zukünftige Visionen. Mich als real existierende Führungskraft eines real existierenden Unternehmens interessiert natürlich die Realität der Zukunft, mit der wir uns dann effektiv auseinandersetzen müssen. Aus ihrer Erfahrung, Frau Mayntz – aus der soziologischen Historik, oder wie immer man das genau nennen soll – was werden wir in 30 Jahren effektiv haben, von den Ideen, die wir heute gehört haben? Wagen Sie da Voraussagen?

**R. Mayntz:** Nein. Das ist sozusagen ein Prinzip der Wissenschaft, dass sie nicht die Rolle der Politik einnimmt. Ich kann auch wissenschaftlich begründen, warum selbst Wissenschaftler keinerlei Voraussagen machen können. Voraussagen sind aufgrund der Offenheit der Zukunft nicht möglich. Es gibt nur etwas, was hier vielleicht nicht so ganz berücksichtigt worden ist. Gerade im visionären Teil jetzt ist etwas, was ich ganz am Anfang nur kurz darauf hingewiesen habe: Die technische Entwicklung – und das gilt nicht nur für die grosstechnischen Systeme, das gilt natürlich auch für den Verkehr – ist immer in einer ganz engen Wechselbeziehung (und das ist das kuriose und komplexe) mit den sozialen und kulturellen Veränderungen. Und ich frage mich: Es wird hier bei diesen letzten Visionen immer vorausgesetzt, die mindestens gleiche vielleicht etwas vergrösserte Anzahl von Menschen möchte sich immer schneller, immer weiter, immer mehr bewegen. Dann frage ich mich: Warum nehmen die Experten der technischen Systementwicklung das eigentlich an? Was geschieht denn hier mit der Gesellschaft? Stimmt das eigentlich? Stimmt das als Voraussetzung? Und wenn es stimmt, womit hängt es zusammen? Natürlich gibt es parallele Prozesse. Wenn Sie sich ansehen, was in den letzten 20 bis 30 Jahren mit der Familie passiert ist, die hat sich als Grossfamilie aufgelöst, ist instabiler geworden, Patchwork-Familien und so weiter, grosse Flexibilität. Wenn Sie sich ansehen, was mit dem Arbeitsmarkt in den entwickelten Industrieländern passiert: Stabile Arbeitsverhältnisse werden immer seltener, flexible Karrieren, alles geht auf Flexibilität. Ist das, was Sie projizieren für die Verkehrssysteme eine Reaktion auf dieses? Oder ist es vielleicht umgekehrt? Oder gleichzeitig etwas, was diese sozio-kulturellen Entwicklungen verstärken wird? Das ist das, was mich, als sagen wir mal Sozialwissenschaftlerin, an diesen Projektionen interessiert.

**G.-M. Schucan:** Herzlichen Dank. Sehr spannend für mich als Unternehmensvertreter. Ist das eine politische, ist es eine gesellschaftliche oder sogar eine unternehmerische Frage? Müssten wir da eingreifen, als Unternehmer? Haben wir das Recht dazu? Ich lasse die Frage mal offen im Raum stehen.

**A. Schöbel:** Ich würde gerne ergänzen, zu Ihrer Ausführung eben mit der Mobilität, dass bei diesen ganzen Kalkulationen vielleicht nicht mitberücksichtigt wurde, dass die Kommunikation sich ja auch deutlich weiter entwickelt. Und während wir früher immer noch zur nächsten Uni oder zum nächsten Meeting gefahren sind, um uns wirklich physisch zu sehen, werden das mehr und mehr Videokonferenzen. Während wir früher von einem Möbelgeschäft zum nächsten gelaufen sind, um irgendetwas auszusuchen, machen das viele ganz bequem im Internet. Das heisst, es gibt schon auch andere Tendenzen, die vielleicht nahelegen, dass manche Mobilität auch weniger wird.

**R. Mayntz:** Da darf ich zum Teil widersprechen. Ich habe einmal eine Untersuchung gemacht, gerade was Videokonferenzen angeht. Und wir sehen, wie weit Videokonferenzen in der Tat Dienstreisen ersetzen werden. Das ist schon ein paar Jahre her. Das Ergebnis war negativ. Videokonferenzen kommen hinzu, aber sie lösen die Dienstreisen nicht ab und in meinem eigenen Institut in Köln, im

Max-Planck-Institut, haben wir eine fantastische Videokonferenz-Einrichtung, einen ganz eigenen Raum, seit drei Jahren. Er ist in diesen drei Jahren kein einziges Mal benutzt worden. Meine Kollegen sind permanent unterwegs in die ganze Welt auf Konferenzen.

**A. Schöbel:** Okay, also wir in Göttingen benutzen unseren Konferenzraum.

**G.-M. Schucan:** Danke, wir benutzen ihn bei der SBB auch. Bei mir wäre das Fazit eher: Dank den Videokonferenzen können wir uns weitergreifende Kooperationen leisten, die dann wieder Reisen auslösen. Frau Schöbel, Sie haben uns heute Morgen über Ihre Forschungsarbeiten berichtet, die sehr konkret wirkten. Trotzdem die Frage: Wann haben unsere Kunden etwas davon?

**A. Schöbel:** Meinen Sie Ihre Kunden in der Schweiz?

**G.-M. Schucan:** Selbstverständlich interessieren mich die am meisten, aber ich würde das jetzt mal allgemein auf die Bahnkunden dieser Welt beziehen.

**A. Schöbel:** Das hängt jetzt nicht nur noch von mir ab, das hängt jetzt mehr von den Leuten, die Akteure bei den Bahnunternehmen sind, ab. Wie weit da konkrete Schritte gemacht werden, um es wirklich umzusetzen. Ich meine, die Modelle stehen zur Verfügung, andererseits kann man nicht einfach so einen Algorithmus nehmen und schwuppdiewupp einbauen. Da muss ja noch relativ viel gemacht werden. Das heisst, da fehlen jetzt noch Schritte zur konkreten Umsetzung von dem Ganzen. Und es gibt auch da, wie in vielen anderen Bereichen auch, verschiedene politische und andere Barrieren, die erst überwunden werden müssen.

**G.-M. Schucan:** Die politischen Barrieren würden mich noch interessieren.

**A. Schöbel:** Unter anderem ist die Bundesnetzagentur in Deutschland zuständig für Verwaltung des Netzes und hätte gerne bei solchen Streitfragen, wer darf zuerst auf welches Gleis, eine einfache nachvollziehbare Regel, die auch leicht kontrollierbar ist, ob die so eingehalten wird.

**G.-M. Schucan:** Und deswegen geht man das Problem erst gar nicht an?

**A. Schöbel:** Deswegen hat die Bundesnetzagentur erst mal vorsichtig gesagt, es wäre zwar ein schönes System, und sie würden auch einsehen, dass es für die Passagiere sinnvoll ist, und dafür wären sie ja eigentlich auch zuständig. Aber sie sehen noch nicht ganz, wie man das gut nachprüfen könnte, die Lösung eines komplizierten Optimierungsproblems.

**G.-M. Schucan:** Grundsätzlich: Wie lange ginge das, bis der Kunde einen konkreten Nutzen hätte, aus Ihrer Perspektive?

**A. Schöbel:** Naja, ich würde zuerst mal noch so eine prototypische Phase machen, dass man es in den Dispozentralen quasi nebenherlaufen lässt und den Disponenten bittet, zu beurteilen, in wie weit die Lösungen, die ihnen das Programm vorschlägt, oder die Auswirkungen das Programm sichtbar macht, für ihre tägliche Arbeit nützlich sind und helfen. Diese Phase sollte man ruhig so lange machen, bis man sich sicher ist, dass das Ganze gut erprobt ist und auch akzeptiert wird, in den Dispozentralen. Und dann könnte man es wohl auch einsetzen. Diese ganzen Datenschnittstellen, werden auch nicht von heute auf morgen einzusetzen sein.

**G.-M. Schucan:** Das wär so etwas wie die ETCS-Schattenfahrten auf der Neubaustrecke. Danke, Frau Schöbel. Um noch etwas in die Zukunft zu gehen. Herr Bernhard, wir haben gerade am Schluss hier eine interessante Vision für die Priorisierung des öffentlichen Verkehrs vor dem Individualverkehr gesehen. Was sagen Sie da als realitätserprobter Verkehrsexperte?

**J. Bernhard:** Ich sage dies jetzt einmal für die Stadt Zürich. An und für sich ist ja das Thema die Masse der Automobile. Die brauchen so viel Platz, in der ganzen Stadt, da hat es an und für sich keinen weiteren mehr. Und wenn man diesen Verkehr reduzieren könnte, dann hätte man für Priorisierung des öffentlichen Verkehrs (Velos) wieder mehr Platz. Und eigentlich müssten wir das Thema lösen, oder? Wohin gehen alle die Fahrzeuge? Die gehen in die Parkplätze, die stehen da bis abends und abends gehen sie wieder aus den Parkhäusern raus. An und für sich sollte man da ansetzen, an diesem Thema: Reinfahren, parkieren, abends wieder raus. Und wenn man das löst, dann haben wir weniger Verkehr. Das wäre eine Möglichkeit. Und die zweite ist wirklich die dritte Ebene, also in die Höhe gehen. Denn das System «Stadt Zürich» ist ausgelastet. Vor 15 Jahren war das von 6.30 und 7.30 Uhr die Spitzenzeit und am Abend 16.30 bis 17.30 Uhr. Heute geht das los um 4.30 Uhr, dauert bis 11.00 Uhr. Um 12.00 Uhr fängt die Mittagszeit an, Spitzenzeit, bis nachmittags um 15.00 Uhr, dann 16.00 Uhr wieder Abendspitze bis 21.00 Uhr und dann noch in der Nacht, also wir sind an und für sich ausgelastet, da gibt es keine Möglichkeit mehr, da noch zu verdichten. Und da bleibt nur noch eine Ebene höher oder tiefer.

**G.-M. Schucan:** Und welche konkreten Optionen in der dritten Dimension sehen Sie oder haben Sie schon angesehen?

**J. Bernhard:** Ich würde den Fussgänger auf der nullten Ebene lassen, der will ja etwas sehen.

Ich würde auch den öffentlichen Verkehr auf der Normalebene lassen und würde halt den Autoverkehr in die Unterwelt verbannen.

**G.-M. Schucan:** Ist das jetzt ein verkehrstechnisches oder ein politisch «angehauchtes» Denken?

**J. Bernhard:** Ein politisches. Oder meine Ansicht. Wenn ich mit der Strassenbahn durch Zürich fahre, möchte ich natürlich schon raussehen, ich möchte die Geschäfte sehen, ich möchte selber gesehen werden. Man fährt ja auch nicht so schnell, oder? Mit dem Auto fahren sie 50 km/h, da sehen Sie nicht so viel. Und da denke ich, könnte man unten rein.

**G.-M. Schucan:** Das chinesische Modell eines «Straddling Bus» aus den Videoinputs?

**J. Bernhard:** Würde ich nicht machen.

**G.-M. Schucan:** Bevor ich dann in den Saal rausgehen möchte mit den Fragen: Herr Busch, Sie hatten angekündigt und auch konkrete Vorschläge gemacht, was der Schienenverkehr vom Strassenverkehr lernen kann. Was trage ich davon in meine nächste Geschäftsleitungssitzung rein?

**F. Busch:** Einige Ansatzpunkte habe ich versucht zu erwähnen. Das ging vielleicht ein bisschen arg schnell. Die Flexibilisierung ist für mich ein Thema. Dazu müssen wir aber ein Problem, was vorhin auch schon in der Diskussion schon angesprochen wurde, auch lösen, nämlich das Problem der Beschleunigung der Planungs- und Genehmigungsprozesse. Das fand ich einen sehr beeindruckenden Hinweis von einem der beiden Kollegen, der irgendwo doch mal wieder deutlich machte, wie langsam unsere Mühlen gerade in den organisatorischen und gesetzgeberischen Prozessen laufen. Aber da sehe ich die grössten Möglichkeiten beim Ausnutzen der verfügbaren Technologien, die in den nächsten Jahren kommen werden. Wir haben die Automatisierung angesprochen, wir haben die Flexibilisierung der entsprechenden Trassenverwaltungen usw. angesprochen. Wenn man das Potenzial mal wirklich ausreizt, dann denke ich, lässt sich schon auch auf Geschäftsebene etwas bewegen. Ich würde gerne, wenn ich darf, noch auf meinen Vorredner kurz eingehen, zum Thema ruhender Verkehr oder das Parken. Wir sind ja nun jahrelang immer alle nach Zürich gepilgert und Zürich war das Mekka der ÖPNV-Beschleunigung, hat man allen Studenten erzählt. Und ich glaube, das ist auch heute durchaus noch eine berechnete Geschichte. Wir haben in München einen interessanten Ansatz gemacht, der ziemlich erfolgreich ist, mit dem ruhenden Verkehr umzugehen. Und zwar ist es der Begriff Parkraummanagement. Dahinter steht aber ein relativ dezidiertes Konzept und das denke ich, ist auch hier durchaus ein Ansatz zur Teillösung. Man muss versuchen, die Leute natürlich vom Auto wegzukriegen und nur noch die mit dem Auto in die Stadt zu lassen, die kurzfristig irgendwelche Bedürfnisse haben. Die Leute, die morgens reinkommen und abends wieder zurückfahren, die sollen tunlichst ihr Fahrzeug am Stadtrand irgendwo abstellen und da müssen sie dann in den Untergrund oder irgendwo hin und müssen so ein exzellentes ÖPNV-System, wie es ja Zürich hat, einfach flexibel nutzen können. Und damit hat man schon wesentlich was getan. Der Rest muss relativ hart und konsequent und restriktiv bewirtschaftet werden, um zu erreichen, dass sich einfach der Individualverkehr entsprechend flexibilisiert und entzerrt und nur noch die Kurzzeitbesucher an bestimmten aber dafür dann aber auch vorgesehenen Parkständen schnell ihren Parkplatz kriegen und nicht noch lange suchen, wo ist jetzt ein Parkplatz und wo ist eine Möglichkeit, sondern wenn man sagt, wir haben eine bestimmte Klientel, die nur mal für zwei Stunden dahin muss und dann wieder weg fährt, diese Klientel, die sollen jetzt die Möglichkeit bekommen, dann aber nicht lange suchen und dann ihren Platz finden. Und die Klientel, die eigentlich nur einmal reinfährt und dann einen Tag lang einen Parkplatz blockiert, oder vier, fünf, sechs Stunden, die wollen wir eigentlich nicht. Und die muss man mit solchen eleganten Konzepten, wie sie eigentlich in Zürich vorhanden sind und eben in München auch, motivieren, herauszugehen. Das geht dann durch Bewirtschaftung, das geht durch Pricing, durch entsprechende intermodale Angebote, Park+Ride, usw. was es heute schon gibt, das ist gar nicht so arg zukunftssträchtig. Das lässt sich sehr gut bewerkstelligen. Die Ergebnisse sind gerade in München in diesem Bereich exorbitant gut. Die Stadt führt dieses Konzept im gesamten Bereich des mittleren Ringes inzwischen ein, mit grossem Erfolg. Auch die betroffenen Bewohner sagen: «Endlich habe ich zu Hause wieder einen Parkplatz, endlich komme ich am Abend wieder in die Kneipe und kann durchaus mein Auto da auch mal abstellen». All diese Dinge sind plötzlich wieder da. Das rege ich an, wenn es nicht sowieso in Zürich schon bewältigt wird. Das war jetzt aber zurück zu den aktuellen Themen und war gar nicht so visionär; das kann man jetzt schon machen.

**G.-M. Schucan:** Wollen Sie gleich dazu Stellung nehmen, Herr Bernhard?

**J. Bernhard:** Also, die öffentlichen Parkplätze werden auch so bewirtschaftet. Es geht mir vor allem auch um die privaten Parkplätze der grossen Firmen, die da sechs Stockwerke anbieten zu günstigen Preisen. Da müsste man ein bisschen die Preise erhöhen, dass stehende Autos in einer Stadt eben auch kosten, und zwar viel kosten.

**G.-M. Schucan:** Das bringt mich trotzdem noch zu einer letzten Frage ans ganze Plenum: Über ökonomische Konzepte zur Steuerung der Kapazitätsauslastung haben wir heute sehr wenig gehört, und bei einer Durchschnittsauslastung von gut 30 Prozent wie bei der SBB im Fernverkehr oder noch weniger wie im Regionalverkehr ist das zumindest konzeptionell sicher ein starker Lösungssatz. Wie schätzen Sie das ein? Wie ist das praktisch machbar und wie ist das kulturell gesellschaftlich akzeptierbar, wenn man die Steuerung sowohl auf Strasse als auch im ÖV stärker ökonomisch regelt?

**J. Bernhard:** Vom Verkehrstechnischen her müsste man sagen: Die Strasse ist vor allem in Spitzenzeiten ein knappes Gut, das man bewirtschaften muss, und dies müsste man an und für sich über das Geld lösen. Mobilität muss bezahlt werden. Nicht nur Auto, sondern eben auch Schiene, Strasse. Das wäre schon mein Ansatz. Politisch ist dies viel schwieriger, und zurzeit praktisch nicht umsetzbar.

**R. Mayntz:** Ein etwas anderer Aspekt, der mir sehr stark auffiel, war eine dieser technischen Entwicklungen, nämlich die fahrerlose U-Bahn als Entwicklungsideal mit Vorteilen und Nachteilen. Das bedeutet einen Job weniger. Dass der technisch gut ausgebildete Fahrer dann zu einem Dienstleister wird, der alten Menschen in den Wagen hilft, wird er weder wollen, noch werden die Firmen, die ihn anstellen, das Geld dafür ausgeben wollen. Sondern es wird genau darauf hinauslaufen, was in der technischen Entwicklung seit langer Zeit zu sehen ist: Die technische Entwicklung setzt Arbeitsplätze frei. Diese Konsequenz muss man abwägen gegen eventuelle Vorteile. Man darf es nicht negieren, dass die Automatisierung – und das ist in all den grosstechnischen Systemen, die höhere Effizienz gebracht haben, so gewesen – immer verbunden ist mit Freisetzung von Arbeitsplätzen. Und wenn man sich anguckt, was zurzeit in Ländern wie Spanien passiert, in denen es sehr viel gut ausgebildete junge Leute gibt, die aber 44 Prozent Arbeitslosigkeit in diesem Alterssegment haben, glaube ich, dass da auch politisch ein ganz enormes Problem ist. Man muss, denke ich, technische Entwicklungen auch auf diese Effekte abklopfen.

**F. Busch:** Ich unterstütze das absolut. Im Grunde kann man da wohl nur sagen, dass hier auch der Gesetzgeber gefordert ist. Normalerweise wird ein Unternehmen Personal einsparen wollen, und es wird die freigesetzten Personen höchstens zum Teil für andere Dienstleistungen einsetzen. Das heisst diese Leute sind dann auf dem Markt. Im schlimmsten Fall werden sie arbeitslos und verlangen Arbeitslosengeld. Dann ist aber zu überlegen, einen Teil dieses Geldes dafür zu verwenden, diese Personen für eine andere Aufgabe genau in dem Unternehmen weiterhin zu beschäftigen. Worauf ich hinaus will, ist im Grunde auch ein gesetzgeberischer Ansatz, nämlich eine Umverteilung in Angriff zu nehmen. Das ist leicht gesagt und ist ein fürchterlich schwieriges Problem. Sonst stimme ich Ihnen absolut bei.

Es gibt in dem Zusammenhang ein anderes Thema, wenn ich das anfügen darf: Ich habe vorhin ja zum Teil über diese Teil-Automatisierung im Auto gesprochen, die sicherlich auch ein Vorteil ist. Wir müssen dabei aber immer auch berücksichtigen, in wieweit wir für einen Ausfall der Technik Sorge tragen. Wie tragen wir Sorge, dass die Leute, die sich daran gewöhnt haben, mit einer hochkomfortablen Assistenztechnik ihre Mobilität zu gestalten und teilautomatisierte Autos zu fahren auch noch fahren können, wenn die Technik versagt? Können die das dann noch? Wir alle machen die Erfahrung dass, wenn unser Handy versagt, wir die Telefonnummern nicht mehr auswendig kennen. Wenn das Navi-Gerät uns irgendwo hingeführt hat, wissen wir gar nicht, wo wir eigentlich sind. Wir sind zwar angekommen, aber wehe wir sind ein bisschen weiter rumgelaufen, dann finden wir plötzlich unser Auto nicht mehr, weil wir ja gar nicht wissen, wo in der Stadt wir uns befinden. Dieses Thema Kompetenzverlust durch Zunahme an Technologie muss man ernst nehmen.

**A. Schöbel:** Die Automatisierung sehe ich in dem Bereich des Fahrkartenverkaufs als viel dramatischer an als bei dem einen Fahrer, der bei der U-Bahn wegfällt. Ich meine, die Deutsche Bahn fängt ja auch an, ihre sämtlichen Fahrkartenschalter abzuschaffen und bei den wenigen, die noch offen sind, muss man ewig warten, bis man drankommt. Stattdessen gibt es halt Automaten oder bucht man die Karten bequem im Internet. Aber trotzdem ist es auch nicht jedermanns Sache.

**R. Mayntz:** Das ist ein viel allgemeinerer Trend. Es ist diese Verlagerung von Tätigkeiten auf den Verbraucher oder Kunden. Genau dasselbe findet ja im Grunde genommen in Supermärkten statt und genau dasselbe findet statt bei Banken, wenn sie Internet-Banking verlangen, oder so was. Es ist diese Auslagerung von eigentlich beschäftigungspflichtigen und beschäftigungsbedeutenden Tätigkeiten auf den Kunden und auf den Verbraucher. Es ist eine Methode der Rationalisierung. Es ist ein sehr viel allgemeinerer Trend, der sich da ausdrückt. Aber ein gutes Beispiel, mich ärgert es auch immer.

**G.-M. Schucan:** Als oberster Ticketverkäufer der SBB muss ich dazu doch schnell Stellung nehmen. Für uns ist die Automatisierung in diesem Bereich selbstverständlich eine Rationalisierungs-massnahme. Allerdings ist es nicht so, dass wir deswegen Leute freistellen. Wir hätten schlicht keine



Chance gehabt, dieses Wachstum der letzten Jahre zu bewältigen ohne die Automatisierung, oder dann hätten die Preise steigen müssen, wenn wir diese Rationalisierungs-Potentiale nicht genutzt hätten.

**F. Busch:** Darf ich eine böse Bemerkung dazu machen? Im Prinzip ist das aber doch Personal freistellung. Ohne Automatisierung hätten Sie zum Wachsen eben Personal einstellen sollen.

**G.-M. Schucan:** Richtig, aber es ist keine Freistellung von Personal, sondern es ist eine Nicht-Einstellung von neuem Personal, was doch ein ganz wesentlicher sozial-politischer Unterschied ist. Und auch das sind natürlich Effekte, die über Jahre gehen. Ich würde behaupten, dass auch die Automatisierung des Lokführer-Berufs, und das wäre ja über eine Zeitspanne von 20, 30, 40 Jahren, sozial-politisch verträglich wäre, auch wenn es, zumindest bei der SBB, keine konkreten Pläne in dieser Richtung gibt. Aber Herr Handschin wird sie ja vielleicht bald vorführen.

**A. Schöbel:** Sie hatten vorhin noch die Nachfrage-Steuerung angesprochen.

**G.-M. Schucan:** Genau, ökonomische Rezepte zur Nachfragesteuerung. Stimmt, wir sind da etwas von dem Thema abgekommen.

**A. Schöbel:** Dazu ist mir noch eingefallen, dass die Nachfragesteuerung ist ja auch im öffentlichen Verkehr ein grosses Problem, weil die Kosten genau von den Spitzenzeiten kommen (Freitag-Nachmittags oder im Busverkehr eben zu Schulbeginn und Beginn der Ausbildungs- und Arbeitszeit). Das einzige mir bekannte Konzept, das wirklich was bewirkt, ist die Veränderung der Schulanfangszeiten. Es gibt in Deutschland ein, zwei Gegenden, wo die Schulanfangszeiten jetzt gestaffelt sind in einem Landkreis, sodass man eben mit weniger Bussen trotzdem alle Schulkinder zur Schule fahren kann, was dann direkt die Kosten senkt und ja im Prinzip auch eine Form der Nachfragesteuerung ist, die vielleicht erfolgreicher ist. Ich kenne keine Auswertung, aber ich glaube nicht, dass die Ticketverkäufe mit günstigeren Preisen zu anderen Zeiten, wirklich ernsthaft die Nachfrage verlagert haben.

**G.-M. Schucan:** Okay, dann gebe ich gerne ins Plenum. Frau Hürlimann.

**G. Hürlimann:** Ich finde, das Gespräch hat jetzt spannende Wendungen genommen, die natürlich auch die Frage nach dem Menschenbild aufwerfen, das hinter diesen ganzen Modellierungen steht. Ein bisschen zugespitzt formuliert, könnte man sagen: Das Menschenbild, das oft in diesem Engineering auftaucht, ist ein abstrahierter homo mobilis, homo oeconomicus natürlich, also ein Mensch, der in Effizienz kategorien denkt, der relativ rasch vorwärts kommen will, der Kaufkraft hat, aber natürlich preissensibel ist. Es gibt noch kleine demografische Variationen: Ältere Leute wurden angesprochen, die Jungen jetzt nicht speziell, wir haben Bilder gesehen von Frauen mit Kindern, also mit und ohne Kind ist eine weitere Kategorie, aber dann hören eigentlich die Variationen auf. Aber jetzt haben wir gerade gehört, dass mit dem Thema der Ersetzung von Arbeitskräften das Ganze eine soziale Dimension bekommt. Die Frage ist jetzt, ob dieses Menschenbild stimmt? Bei Staus haben wir es mit einer Menge von Individuen zu tun. Alles kleine homines mobiles. Oder haben wir es nicht eben auch mit komplexeren Strukturen zu tun, sprich mit Gesellschaften, die ja an und für sich auch soziale Systeme sind? Und dann würde sich nämlich die Frage stellen, ob Engineering dann zu einem Social Engineering wird? Ist es denn so, dass wir die Aufgabe, wie zukünftige Verkehrssysteme auszusehen haben, Leuten, Akteuren oder Unternehmen überlassen können, die das (rein) technisch angehen? Oder sollte das nicht viel mehr eine gemeinsame Diskussion sein darüber, welche Menschen denn was wollen und was welche Auswirkungen hat? Und das ist vielleicht ein Teilaspekt, der mir aber doch sehr auffällig erscheint: Oft entsteht der Eindruck (ich sage nicht, Sie suggerieren das), der Verkehr reagiere auf die Nachfrage. Man tut das, was die Leute wollen. Man reagiert auf einen wachsenden Bedarf und auf eine wachsende Nachfrage. Man kann es ja auch umgekehrt anschauen, und das wurde zum Teil auch schon angesprochen: Der Verkehr schafft sich ein Angebot, das dann seinerseits Verhalten strukturiert. Früher war in Zürich um 23 Uhr Schluss. Aber, unter anderem wegen den SBB und dem Zürcher Bus- und Tramnetz kann man sich am Wochenende die ganze Nacht um die Ohren schlagen. Das bedeutet doch etwas für das Ausgehverhalten. So ändert das Verkehrsangebot auch das Verhalten der Leute. Und es dünkt mich eben auch spannend, dass man das wieder quasi als Feedback-Schleife in die Überlegungen einbezieht.

**G.-M. Schucan:** Wer möchte sich dazu äussern?

**R. Mayntz:** Zum Menschenbild: Homo habilis. Es ist doch tatsächlich so, auch der homo oeconomicus ist ja eigentlich im Wesentlichen, zumindest wenn Sie so die letzten 2000, 3000 Jahre überblicken, immer ein Produkt der sozio-kulturellen Verhältnisse gewesen. Der Mensch hat sich gar nicht geändert. Interessant finde ich zum Beispiel, dass uns diese Finanzmarktkrise umtreibt, und die Regulierung, und die Kritik an der Gier der Banker, die Profitgier, die Kapitalisierung von Gesellschaften, und dass ich bei Horaz Kritik am Verhalten von Menschen gefunden habe, die hätte, wenn sie einige Kontextmerkmale geändert hätten, heute in der Presse stehen können. Das heisst, es gibt bestimmte

Konstanten, die aber sehr unterschiedlich durch die jeweiligen sozialen, ökonomischen, kulturellen Verhältnisse heraufgerufen, unterstützt werden, realisiert werden. Der homo sapiens zeichnet sich durch eine geradezu unvorstellbare Plastizität aus. Was er jeweils wird, homo oeconomicus, homo socialis, oder was auch immer, ist tatsächlich zum guten Teil eine Reaktion auf die Umstände, in denen er lebt. Zu den Umständen gehört alles was er vorfindet, alles in was er hineingeboren wird, alles was an Wissen bereits vorhanden ist, an Wissen und an Technik, dann wenn er geboren wird. Der Mensch selber, glaube ich, ändert sich nicht. Das macht es umso schwieriger. Deswegen muss man fragen, was ist es eigentlich an den Umständen, die die Menschen so machen, wie sie zurzeit sind? Oder bestimmte Menschengruppen so machen, wie sie zurzeit sind? Oder wie sie sich zurzeit verhalten? Also im Grunde genommen ein bisschen umkehren und auf den sozio-kulturellen Kontext als zentrale Determinante des Verhaltens eingehen.

**G. Hürlimann:** Ein ganz wichtiger Nachtrag: Das war auch ein Grund für die Auswahl des Kabinen-Taxi-Films bei den Videoinputs. Zwei Sätze, die genau das aufnehmen: Gründe für das Scheitern des Kabinen-Taxi in den USA waren offenbar – und da funktioniert dann eben der homo oeconomicus nicht – die rassistischen Vorurteile und die ganzen Ängste und die Paranoia, die verhinderten, dass Unbekannte, schwarz und weiss, Frauen und Männer, sich getraut hätten, zu viert in einem Kabinen-Taxi sitzen. Das ist jetzt als Beispiel gemeint für den sozialen Kontext: die Leute funktionieren eben nicht hundert Prozent rational, deshalb kann man sie nicht in irgendetwas reinsetzen.

**G.-M. Schucan:** Weitere Kommentare, Herr Busch?

**F. Busch:** Ja, zu einigen Punkten möchte ich vielleicht gerne auch ein paar Takte sagen. Und zwar zu Ihren Gedanken, inwieweit es Wechselwirkungen zwischen dem Verkehrssystem und der Gesellschaft oder dem menschlichen Verhalten, dem homo mobilis, gibt. Es gibt da verschiedene Untersuchungen. Zum einen hat man überlegt, wie ist das Mobilitätsverhalten der Menschen. Das ist in der Schweiz immer wieder gemacht worden, und in Deutschland gab es in den letzten Jahren diese Untersuchung «Mobilität in Deutschland», die vor zwei Jahren abgeschlossen wurde, und die viele Kenngrößen über das Mobilitätsverhalten festgestellt hat. Man hat unter anderem gefunden, was auch schon gesagt wurde, von Ihnen gerade, dass sich das Mobilitätsverhalten eigentlich nicht wesentlich verändert hat. Von den Grundlagen der Anzahl der Ortsveränderungen pro Tag, gibt es eine Art Naturkonstante, die so zwischen 3 und 4 liegt und die sich seit zig Jahren nicht wirklich verändert hat. Was sich natürlich verändert hat, ist die Art, wie wir uns bewegen. In dem Bereich gibt es meines Erachtens schon interessante Zusammenhänge und auch Veränderungen: einmal zwischen dem Menschenbild, wie Sie es genannt haben, zum Zweiten im Verkehrssystem und zum Dritten in den Stadtstrukturen. In den 1960er Jahren gab es den berühmten Buchanan-Report «Traffic in Towns», der unter anderem untersucht und dargestellt hat, wie sich die Städte entwickelt haben. Die autogerechte Stadt war mal ein Ziel, das heute überhaupt nicht mehr vorstellbar ist. Wenn wir uns die heutige Stadtpolitik und Stadtentwicklungsplanung ansehen, sprechen wir von Reurbanisierung, von kompakten Stadtstrukturen, von Verdichtung, von Mischung von Funktionalitäten. Die ganzen Suburbanisierungseffekte der letzten Jahrzehnte sind ja dadurch entstanden, dass man Funktionalitäten getrennt hat. Damit hat man Nachfrage erzeugt. Heute sind wir schlauer, haben zumindest andere Zielvorstellungen und versuchen Funktionalitäten zu mischen: Leben, Arbeiten, Wohnen, Freizeit und so weiter in Nähe zu einander bringen und haben damit natürlich auch einen Einfluss auf die Nachfragesteuerung und auch auf das Verkehrssystem. Insofern meine ich, dass da schon irgendwie eine Triade besteht, die man ganz klar sehen muss. Einmal das Verkehrssystem, zum anderen die Stadtstruktur, wie sie aussah für «Traffic in Towns», für das Thema «Stadtgerechte Stadt», heute die lebensgerechte, kompakte, urbane Stadt, und als Drittes das Gefüge, die soziale Komponente, das Menschenbild da drin. Und da gibt es meines Erachtens schon eine ganze Menge von Veränderungen. Ich pflichte Ihnen bei: Man muss es ganzheitlich sehen, und muss – kurz gefasst – Technik, Stadt und System zusammenbringen.

**G.-M. Schucan:** Danke. Darf ich auch noch kurz ergänzen, oder vielleicht sogar rückfragen an Frau Hürlimann? Sie haben gesagt, es braucht einen gesamtheitlichen, gesellschaftlichen Prozess und nicht einfach das Angebot, das quasi die Nachfrage generiert. Aber was haben wir denn heute? Die schweizerischen Verkehrsunternehmen, zumindest die grösseren Ausbauschnitte der Unternehmen, sind rein politisch und in dem Sinne gesellschaftlich definiert. Was sehen Sie für Alternativen, um noch ganzheitlicher zu werden?

**G. Hürlimann:** Durchaus, ich meine mehr, dass das in der Diskussion jetzt noch stärker zu berücksichtigen sein wird.

**G.-M. Schucan:** Danke. Da oben gibt es Fragen aus dem Plenum.



**Kommentar aus dem Publikum:** Ich bin sehr froh, dass diese Kommentare jetzt so gekommen sind, diese Komponente habe ich den Tag etwas vermisst. Und vor allem die kritische Reflexion über das, was mit der Technik alles möglich ist und ob das überhaupt alles wünschbar ist. Und ich denke, dass es hier wahrscheinlich bald populär wird, über die Swissmetro zu sprechen. Oder es ist schon populär in gewissen Kreisen, diese super Erfindung, in 10 Minuten von Zürich nach Bern oder nach Basel unterirdisch fahren zu können. Aber ich denke, dass das eigentlich eine fatale Entwicklung ist, die in die falsche Richtung geht. Wenn man zum Beispiel schaut, dass es im Elsass sehr viel günstiger ist, sich ein Haus zu kaufen, als in der Schweiz, dann wäre es durchaus vorstellbar, sich dort ein schönes Eigenheim zu kaufen, aber in Zürich zu arbeiten und jeden Morgen diese 130 Kilometer zu pendeln. Also diese Distanz würde dann in den Bereich des Üblichen rücken, was heute zum Glück noch die Ausnahme ist. Deshalb plädiere ich eigentlich ganz allgemein dafür, wie Sie gesagt haben, Herr Busch, dass man gewissermassen eine neue Währung sucht, um Effizienz von Verkehr zu berechnen, weil Effizienzberechnungen ja oft Ausgangspunkt sind für verkehrspolitische Vorhaben. Dass man nicht mehr in Energie pro Kilometer rechnet, sondern in Energie pro Minute. Weil eben, wie Sie gesagt haben, die Anzahl der Wege gleich bleibt. Und ich glaube: noch viel gleicher bleibt die Zeit, die man täglich aufwendet. Kurze Wege legt man vielleicht öfter zurück, aber die insgesamt aufgewendete Zeit ist da für jeden gleich. Es hat jeder gleich viel zur Verfügung. Ich glaube, das sind so um die 70 Minuten pro Tag, die jeder im Durchschnitt unterwegs ist. Wenn man Energie pro Weg oder besser pro Minute rechnet, dann erhält man ein sehr viel besseres Bild. Und in jedem Falle unschlagbar ist die Muskelkraft, also Fortbewegung via Fussverkehr, Jogging oder Fahrradfahren. Ich denke, dass Kopenhagen und die Niederlande hier grosse Vorbilder sein werden. Kopenhagen hat sich zum Ziel gesetzt, bis in etwa vier Jahren 50 Prozent des Modal Splits via Fahrradverkehr abzudecken. Ich weiss nicht, ob sie es erreichen, aber es ist ein sehr gutes und ambitioniertes Ziel.

Ich wünsche mir eigentlich für meine Generation jetzt mal so pauschal, dass die Politik auch mutiger ist. Dass nicht alles immer schneller werden muss, sondern dass man schaut, wie man die Bedürfnisse abdecken kann, ohne dabei unnötig viele Kilometer zurückzulegen. Und da kann eine Entschleunigung ganz gut tun, also zum Beispiel shared space dort, wo es Sinn macht und nicht immer weiteres Ausbauen der Infrastruktur.

**G.-M. Schucan:** Okay, danke. Will jemand reagieren? Herr Bernhard.

**J. Bernhard:** Wir sind in Zürich schon dabei und ich glaube, diese Seebahn-/Weststrasse ist einmalig, dass man eine neue Strasse baut, um Zürich herum, und dann eine Strasse durch die Stadt zurück baut und mit Tempo 30 belegt. Das sind heute schon Wege, die wir gehen. Aber das ist eine politisch-gesellschaftliche Frage. Da muss wirklich die Politik, da muss die Gesellschaft sagen: «Das möchten wir!» Ich glaube, da hat Zürich klar gesagt, wohin der Weg geht. Weniger Verkehr und eben Zurückbau von gewissen Strassen im Kanton Zürich und in der Stadt Zürich. Also die Richtung geht dahin. Aber das ist eine gesellschaftliche Frage. Das muss die Gesellschaft, mit der Politik zusammen bestimmen.

**G.-M. Schucan:** Weitere Reaktionen? – Ja, ganz hinten war eine Frage.

**Kommentar aus dem Publikum:** Noch einmal etwas zu dem Punkt von Angebot und Nachfrage von vorhin: Es ist ja nun so – dummerweise – dass in der Dienstleistungsproduktion eines der Hauptprobleme ist, dass der Zeitpunkt der Produktion und der Zeitpunkt des Konsums zusammenfallen. Und das stellt einem vor verschiedene Probleme. Ein Outcome dieser Konferenz war, zu sehen, dass man in den letzten Jahren mit grossen Anstrengungen versucht und auch erreicht hat, die Angebotsseite soweit nachzufahren, dass die Nachfrage, die durch gesellschaftliche, soziologische und ökonomische Phänomene getriggert wurde, einigermaßen befriedigt wird, und dass man es einigermaßen zu einem labilen Gleichgewicht gebracht hat. Das Problem ist auf der Nachfrageseite, die Angebotsseite haben wir einigermaßen im Griff. Auf der Nachfrageseite ist das Problem, dass man die Nachfrage nicht lagern kann. Das einzige, was man dort machen kann, sind Warteschlangen oder Reservationssysteme. Deswegen glaube ich, dass die Diskussion um vergünstigte Tickets ausserhalb von Spitzenzeiten eine der möglichen Umsetzungen ist. Ich glaube, die hat gerade erst begonnen. Viele andere Instrumente, um dort wirkungsvoll und auf breiter Basis Einfluss zu nehmen, hat man nicht. Ich habe jetzt aus SBB-Kreisen kürzlich erfahren, dass offenbar, seitdem die neue Webseite aufgeschaltet ist, Leute, die vorher mit dem Sparbillett gefahren sind, sich in grossen Massen beschweren, es gäbe plötzlich keine mehr, weil durch die neue Webseite jetzt plötzlich alle darauf hingewiesen werden und plötzlich alle die Sparbillette kaufen. Das mag für den einzelnen Pfennigfuchser etwas ärgerlich sein, aber eigentlich ist das genau der Effekt, den man haben will, dass man eine Intention und ein Incentive zur Umlagerung wirklich aktiv schafft.

Das wäre die erste Bemerkung, die zweite, die ich noch ganz schnell anschliessen darf: ich möchte auch noch mal auf diesen Kabinen-Taxi-Film eingehen. Das sind solche Systeme, die ja immer wieder so eine Zyklizität aufweisen, mit der sie durchs öffentliche Interesse spuken oder fahren. Ich habe kürzlich mal nachgerechnet, wegen dem «Future Cities Lab» der ETH in Singapur. Dort hat man auch zu den «housing development board»-Wohnungen solche Systeme als Zubringer und Nahverteiler zur U-Bahn gebaut. Wenn man deren Flächenverbrauch anschaut, im Verhältnis zu ihrer Kapazität von etwa 4'000 Personen pro Stunde und Richtung, liegt man im Bereich des entkuppelbaren Sessellifts. Wenn da 10'000 Leute schon in einer Siedlung wohnen und in den nächsten 10 Jahren kommen nochmals so viele dazu, dann sieht man, wieso die Regierung von Singapur vor Kurzem beschlossen hat, all diese Projekte zu stoppen. Das sind also Systeme, von denen ich jeden einzelnen, der da in Versuchung gebracht wird von der verkaufenden Industrie, wirklich nur warnen mag. In Flughäfen funktionieren sie einigermaßen, aber auch das hat 30 Jahre gedauert. Aber für den städtischen Nahverkehr sind sie bis auf Speziallösungen unbrauchbar.

**G.-M. Schucan:** Danke. Reaktionen dazu?

**F. Busch:** Zu dem Thema Nachfrage würde ich im Grunde natürlich beipflichten, was Sie gesagt haben. Ich wollte einfach nur noch mal in Erinnerung rufen. Die Ansätze, die man im Grunde ja verfolgt, um mit der Verkehrsnachfrage umzugehen, sind vermutlich auch in diesen Räumen hinlänglich bekannt. Aber man muss es eben auch tun. Der eine Ansatz ist, Nachfrage – durch welche Mechanismen auch immer (Preisgestaltung, Schulanfangszeiten) – zeitlich zu verlagern, wenn irgend es geht. Da muss man in der Tat auch gesetzgeberisch tätig werden. Das andere ist das, was immer als allererstes gesagt wird: Die modale Verlagerung, das heisst verschiedene Verkehrsmodi zu nehmen. Da muss man sich dann aber die Frage stellen: Im Berufsverkehr ist da nicht mehr viel zu verlagern. Die Trams, die Strassenbahn, die Busse sind vermutlich hier in Zürich genau so voll wie sie in München oder in anderen Städten sind. Also da muss man eben wieder auf diese andere Schiene der zeitlichen Verlagerung kommen. Und das Dritte, was man im Hinterkopf haben muss, ist das, was ich vorhin mit den veränderten Stadtstrukturen gemeint habe. Das ist die räumliche Verlagerung. Man muss daran wirklich konsequent arbeiten, den Bedarf, von A nach B zu reisen, zu reduzieren, die Nachfrage zu vermeiden. Muss es immer mehr, muss es immer weiter, muss es immer schneller und so weiter gehen? Entschleunigung sagte jemand, ich glaube Ihr Vorredner. Das sind in der Tat vielleicht mehr grundsätzliche gesellschaftliche Einstellungen zu diesem Grundbedürfnis, es müsse alles mehr werden, alles schneller werden, wir müssen weiterkommen, wir müssen noch mehr machen. Vielleicht kann man, durch so einen gesellschaftlichen Ruck auch eine andere Einstellung zu dem Bedarf an Mobilität – den Verkehrsbedarf, wie wir sagen – schaffen und dann erübrigt sich einiges davon. Das war eine etwas philosophische Anmerkung dazu, aber ich wollte das in Erinnerung rufen, dass Sie diese 3 Instrumente immer gemeinsam sehen müssen.

**R. Mayntz:** Diese Angebot-Nachfrage-Relation, das hatte ich ja schon ganz kurz historisch erwähnt, in der Entwicklung von technischen Systemen. Es ist ja immer so gewesen, dass vielleicht ein kleines bisschen latenter Bedarf war, dass der eigentlich durch ein neues Angebot stimuliert wurde und dass dann das neue Angebot den Bedarf wieder wachsen liess. Dieser Prozess ist ja völlig zirkulär. Wenn wir einfach nur von Nachfrage reden, dann vergessen wir, dass es sehr unterschiedliche Arten der Nachfrage gibt. Hier denkt man jetzt an die Verkehrsnachfrage einzelner Bürger, die in einer bestimmten Situation sind, die sie nicht geschaffen haben, mit einem Arbeitsplatz, der getrennt ist von ihrem Zuhause, usw. Also individueller Bedarf. Aber es gibt natürlich auch einen politisch definierten Bedarf. Und es gibt einen von Unternehmen definierten Bedarf. Und diese unterschiedlichen Nachfragen wirken sich auch auf die Entwicklung der technischen Systeme sehr verschieden aus. Bestimmte technische Systeme sind überhaupt nur durch politische Nachfrage entstanden. Denken Sie zum Beispiel an Rüstungstechnik. Und andere Techniken reagieren primär auf individuelle Bedarf und Nachfrage. Diese unterschiedlichen Quellen von Nachfrage müsste man, wenn man dieses Verhältnis Angebot-Nachfrage analysiert, im jeweiligen Einzelfall unterscheiden. Und bei Verkehr spielt natürlich die individuelle Nachfrage eine sehr grosse Rolle. Aber es ist nicht die einzige, sondern auch Stadtpolitik, Unternehmenspolitik, spielt alles mit.

**G.-M. Schucan:** Ja, auf alle Fälle.

**A. Schöbel:** Die Nachfrage selber kann man auch durch Preise steuern, andere nicht. Die Schüler müssen einfach morgens in die Schule, da kann man ihnen noch so günstige Tickets um elf Uhr anbieten, die werden trotzdem um acht Uhr in die Schule gehen wollen. Und freitags wollen die Leute halt ins Wochenende. Ich meine, da könnte man natürlich auch ganz neue Denkmodelle machen, dass verschiedene Firmen ihren Mitarbeitenden am Freitag-Samstag oder Sonntag-Montag oder wie

auch immer frei geben, mit all den Konsequenzen, dass dann Ehepartner, die in verschiedenen Firmen arbeiten, kein gemeinsames Wochenende mehr haben. Da müssten wir halt insgesamt ein bisschen flexibler werden, wenn wir diese Freitagnachmittag-Spitze zum Beispiel abbauen wollen. Da lässt sich mit Preisen allein glaube ich nicht mehr allzu viel machen.

**F. Busch:** Eine Ergänzung nur: Wir arbeiten in dem Bereich mit den sogenannten flexiblen Betriebsweisen im ÖPNV. Ich würde ein bisschen einschränken. Es ist Luft drin. Wir haben das in einigen Bundesländern praktiziert und praktizieren es. Es ist möglich, mit den Schulen zu verhandeln. Es müssen da nicht die Schulanfangszeiten von Vormittag auf Nachmittag verschoben werden, sondern es geht um eine Viertelstunde.

**A. Schöbel:** Das habe ich ja vorhin gerade angesprochen, dass da viel eingespart wurde, auch in unseren Bereichen.

**F. Busch:** Das meine ich, dass das sozusagen auch so hängenbleibt. Man kann gerade mit den flexiblen Bedienungsformen durch kleines Verschieben (die einen fangen um Viertel vor an, die anderen um acht Uhr und die dritten um Viertel nach Acht) kann man enorm viel erreichen.

**G.-M. Schucan:** Sehr gut. Da oben gibt es eine weitere Frage.

**Kommentar aus dem Publikum:** Noch ein ganz konkretes Beispiel, wie man eine Verlagerung vielleicht erreichen kann. Dieses Jahr wurde zum zweiten Mal der «Home Office Day» durchgeführt, wo es darum geht, flexiblere Arbeitsformen in dem Sinne zu fördern, dass Leute vermehrt auch von zu Hause arbeiten können. Ein bis zwei Tage die Woche, das ist so eine generelle Empfehlung. Und dieses Jahr wurde diese Tag interessanterweise auch von den SBB – neben Microsoft und Swisscom – mitgesponsert. SBB als Anbieter von Mobilität. Das wollte ich gern nochmal so in die Runde werfen. Das ist glaube ich auch ein interessanter Ansatz, zur Verlagerung.

**G.-M. Schucan:** Danke. Bitte, Herr Stohler.

**W. Stohler:** An Tagungen wie heute, da hören oder sagen wir uns immer wieder: «Ja, das ist ein Problem der Politik!» Und die Politik ist ja hier nicht vertreten und dann gehen wir nach Hause und was hat man dann erreicht? Die Politik wird ja von irgendwem auch gesteuert. Unter anderem von uns Fachleuten. Ich bin ja selber Gefangener dieser Welt. Ich stelle immer wieder fest: In allen Betrachtungen, sobald sie ökonomisch werden oder sogenannt ökonomisch, zählt doch eigentlich, dass die Fahrzeit kürzer werden muss. Alles, was kürzere Fahrzeit bringt, ist besser. Es gibt nichts Schlimmeres auf der Welt als die Fahrzeit. Je kürzer sie ist, umso besser. Ich stelle da hie und da die Frage: Es hat niemand nachgewiesen, dass mit gewonnenen drei Minuten die Menschheit generell weitergekommen ist. Das geht in keine ökonomischen Modelle ein.

**G.-M. Schucan:** Sie ist allenfalls weiter gefahren.

**W. Stohler:** Wahrscheinlich ist sie weiter gefahren, ja. Also frage ich hier die Runde der Fachleute: Was für Quatsch-Methoden wenden wir hier eigentlich an? Mit unseren Kosten-Nutzen-Berechnungen, die immer allen solchen Elementen, die Fahrzeiten kürzen, quasi die bessere Noten geben? Und erzählen das dann der Politik. Und die schwatzt ja nur nach, was wir ihr vorsagen. Also hier die Frage in die Runde: Gehen wir eigentlich mit den richtigen Methoden vor, um derartige Probleme anzugehen?

**G.-M. Schucan:** Danke Herr Stohler. – Ist das eine Antwort oder eine zusätzliche Frage?

**Frage aus dem Publikum:** Es geht die ganze Zeit in dieselbe Richtung: höher, schneller, weiter. Wir brauchen den Konduktor nicht mehr, wir brauchen den Lokführer nicht mehr, wir brauchen den Techniker nicht mehr. Wir haben unsere ganze Welt so automatisiert, dass wir nix mehr zu tun haben. Dann ist dem Mensch langweilig, dann kommt Littering, Hooliganismus. Was machen wir denn dann? Wir brauchen doch eine Aufgabe. Arbeitslos ist auch keine gute Daseinsform. Forschen ist vielleicht gut, auf Kongresse gehen. Aber wir müssen irgendwie doch die 1970er bis 1990er Jahre auf diesem Stern sinnvoll verbringen. In einem stabilen, also nicht in einem stillstehenden System, aber doch in einem, wo unserer Seele noch gut tut. Weil sonst brauchen wir nur noch Psychiater und Ärzte. Was machen wir?

**G.-M. Schucan:** Reaktionen?

**F. Busch:** Also zum Letzten kann ich wenig sagen, ausser, dass die Lebenserwartung der heute geborenen Kinder wahrscheinlich schon über 100 ist. Also die haben noch mehr auf diesem Stern zu verbringen. Eine Bemerkung zu dem, was Sie gesagt haben, dem ich voll und ganz beipflichte: Zeit kann nicht unsere Direktive und unser Massstab der Dinge in alle Richtung und Extreme sein. Dabei muss man auch unterscheiden zwischen den wirtschaftlichen Prozessen und der individuellen Mobilität, so wie Sie gerade, Frau Mayntz, es vorher auch ausgearbeitet haben. Ich meine zum Teil ist ein anderer Indikator sehr, sehr wichtig, das ist nämlich Verlässlichkeit oder Zuverlässigkeit. Ich bin

persönlich eher daran interessiert, mit hoher Sicherheit zu wissen, wann ich am Bahnhof bin oder wann ich am Flughafen bin. Egal, ob ich 10 Minuten länger oder kürzer brauche, das ist mir gar nicht so wichtig. Ich will aber wissen, wenn ich in den Zug steige, dann kommt er pünktlich und dann ist er auch pünktlich da oder wenn ich mit dem Auto fahre, dann bin ich genau in diesem Time Slot da. Darauf möchte ich mich verlassen können. Das ist mir wesentlich wichtiger, als 5 oder 10 Minuten schneller hinzukommen. Und der zweite Aspekt, die Unterscheidung zwischen Zeit als Mass für Bewertung individueller Mobilität und Zeit als Mass zur Bewertung wirtschaftlicher Mobilität: Das ist natürlich ein anderes Thema. Herr Ernst von der Post wird das wahrscheinlich kritisch sehen mit dem Thema Zeit. Sie haben ja einige Beispiele genannt. Aber vom Individuum ist es vielleicht anders, oder?

**A. Schöbel:** Darf ich da kurz? Also wenn Sie sagen, die Verlässlichkeit ist Ihnen wichtig, das fällt in Robustoptimierung rein, in Wirklichkeit ist es dann doch wieder Zeit. Nämlich die erwartete Zeit, wann Sie da sind. Sie wollen nicht die fahrplanmässige Zeit minimiert haben, sondern die Zeit, wann Sie wirklich ankommen, am Flughafen oder später irgendwo. Und die würden Sie gerne kurz haben. Und da muss ich jetzt ein bisschen widersprechen. Für mich als Mutter mit zwei Kindern, berufstätig, ist Zeit das knappste Gut, was ich eine Zeitlang hatte. Selbst jetzt noch ist Zeit sehr knapp für mich. Zugfahren zähle ich nicht wirklich als Zeitverlust, da kann ich was nebenher tun, arbeiten, lesen, im schlimmsten Fall schlafen oder mich erholen. Aber Zeit ist wirklich knapp. Und wenn ich die Wahl habe, wenn ich Autofahren müsste, würde ich immer den kürzeren Weg nehmen, weil ich beim Autofahren nichts nebenher machen kann. Meine Zeit ist sehr knapp. Das ist vielleicht auch ein Problem der Gesellschaft, dass die Zeit so knapp ist, dass man immer meint, man muss noch mehr tun. Man muss erfolgreich sein, das wird zurzeit auch der jungen Generation eingebläut. Da beobachte ich schon auch Tendenzen, dass die jungen Studierenden viel geradliniger und schneller und konsequenter studieren wollen, als ich das früher noch empfunden habe. Das liegt schon auch irgendwo am dem schneller, besser, grösser. Aber ich würde schon nachvollziehen, dass für viele Leute Zeit der wichtige Faktor ist. Da geht es nicht um drei Minuten. Aber schon eine halbe Stunde ist viel. Wenn ich die sparen kann oder nicht, würde ich die schon sparen.

**J. Bernhard:** Sie haben das Thema Zeit angesprochen. Ich arbeite für die Verkehrssteuerung der Stadt Zürich. Und es geht mir natürlich nicht darum, dass jeder möglichst schnell ans Ziel kommt. Das möchten Sie als Verkehrsteilnehmer. Jeder möchte so schnell wie möglich ans Ziel kommen. Was ich versuche, ist, dass jeder möglichst sicher ankommt, darum sind die Lichtsignalanlagen da. Wir ermöglichen, dass Sie Ihr Ziel erreichen. Aber dass Sie das so schnell wie möglich erreichen, das ist nicht unbedingt unsere erste Aufgabe.

Wir versuchen wirklich auch nicht einzelne Verkehrsteilnehmer speziell zu bevorzugen. Wir versuchen, dass alle gleich «unzufrieden» sind, bis sie am Ziel sind. Das ist unsere Maxime.

**R. Mayntz:** Ein Faktor, der jetzt hier noch nicht bedacht ist: Wie weit sind es insbesondere die Ingenieure, die meinen: «Oh, das können wir noch besser!» «Oh, das können wir noch schneller!» Wie weit ist es wirklich der umstrittene individuelle Nachfrager? Wollen die Verkehrsteilnehmer das? Welche Rolle spielen die Ingenieure dabei, die gar nicht danach fragen, ob da ein grosser Bedarf ist, die einfach ausreizen, was sie können.

**J. Bernhard:** Es ist nicht ganz von der Hand zu weisen. Aber es ist wirklich auch eine ökonomische Frage: Wir bevorzugen den öffentlichen Verkehr, den Busfahrer ganz extrem, weil da am meisten Personen drinsitzen. Da haben wir ein Interesse, dass die im Gesamten bevorzugt sind. Im Gegensatz zum Auto, das durchschnittlich mit 1.1 Personen besetzt ist. Da geht es an und für sich nicht darum, dass der Autofahrer möglichst schnell ans Ziel kommt, alleine. Weil er braucht ja auch am meisten Platz.

**Frage aus dem Publikum:** Ich bin heute etwas überrascht über den Optimismus, den ich in diversen Voten spüre. Es kann schneller, es kann besser, es kann mehr werden. Ich wollte fragen, wie die Analyse anders ausschauen würde, wenn man anstatt plus 50 Prozent mehr Fahrgäste die Zielangabe 30 Prozent weniger Energie pro Person stellen würde. Käme die Analyse anders heraus?

**G.-M. Schucan:** Spannender Ansatz.

**A. Schöbel:** Auch da gibt es natürlich Konzepte. In Neuseeland zum Beispiel gibt es spezielle Spuren, über die grosse Brücke von Oakland im Norden und auch von anderen, wo man mit dem Auto nur darüberfahren darf, wenn man mindestens 3 Personen im Auto hat. Das wird auch ab und zu kontrolliert, nicht immer, die Neuseeländer halten sich daran. Wenn man alleine im Auto sitzt oder nur zu zweit, da muss man sich hinten im Stau anstellen. Wenn man mindestens zu dritt ist, was ein Bus normalerweise auch ist, dann kann man eben die beschleunigte Spur nehmen. Das spart Energie pro Person, gehe ich mal davon aus.



**F. Busch:** Das Beispiel, das Sie nennen, gibt es in den USA seit vielen Jahren schon: die High Occupancy Vehicle-lanes. Das ist ein absolut sinnvoller Weg. Der lässt sich in Europa zum Teil nicht ganz so einfach machen, weil unsere Netzstrukturen leider das nicht hergeben, sonst wäre das sicherlich etwas Gutes. Energie pro Minute als Bewertungsmassstab zu nehmen: Im Grunde würde ich solche Ansätze auch persönlich sehr stark unterschreiben. Man kann das ein bisschen weiterdenken in die Richtung, wo gerade die Schweiz relativ viel Forschung gemacht hat, zum Thema «mobility pricing». Da lief vor einigen Jahren hier in der Schweiz eine Reihe von grossen Untersuchungen dazu: inwiefern man Verkehrsgeschehen, Verkehrsverhalten, Mobilitätsverhalten beeinflussen kann, indem man bestimmte Ansätze für «mobility pricing» einführt. Diesen Gedanken auf die Spitze zu führen, würde heissen, nicht Energie pro Minute zu bewerten, sondern generell und im Grunde zu sagen: Jeder Mensch hat pro Jahr ein bestimmtes Kontingent an Mobilität, was er verbrauchen oder handeln kann. Per Zertifikaten-Handel, wie wir das mit Emissionen inzwischen machen, warum nicht? Ich sitze gerne zu Hause für die nächsten paar Wochen und belaste die Mobilität nicht, ich verkaufe Ihnen das und Sie wollen gerne ein bisschen rumreisen. Aber insgesamt, als Gesellschaft gesehen, verbrauchen wir nicht mehr Mobilität, als wir uns gemeinsam leisten wollen. Mal überspitzt gesagt – wir waren ja ein bisschen auf dem visionären Trip – muss das ein Leitmotiv sein, dass man irgendeine Steuergrösse findet und ein Gesamtgut, wie viel Mobilität können wir uns als Gesellschaft in einem bestimmten Raum-Zeit-Gefüge leisten, damit wir dafür ein Regulativ finden? Das läuft letztendlich auf Pricing-Massnahmen heraus.. Irgendwann muss man die Politik da rankriegen, muss sagen, wir müssen gemeinsam Instrumente aufbauen, wie wir das machen wollen, ganz konkret. «Congestion pricing» und so, das sind alles solche ersten Ansätze in die Richtung. Die Technik ist da. Für viele Dinge ist die Technik da. Wir können E-Ticketing machen, wir können das alles theoretisch, wenn wir es wollten. Wir können mit derselben Karte bezahlen, wir können in den Bus steigen, wir können unser Auto aufschliessen und wenn das Guthaben verbraucht ist, geht das Auto halt nicht mehr. Die Technik wäre da. Das Problem ist, wie bei all diesen Fragen immer: Technik ist leicht, auch was wir wollen, darüber können wir uns meistens noch einigen, also die Funktion ist relativ leicht. Aber das Umsetzen, die Institutionen, Verantwortlichkeiten, wer macht das? Dieser dritte Teil, das zu finden, ist immer das Schwierige.

**G.-M. Schucan:** Als Eisenbahner liegt mir natürlich die Pünktlichkeit einigermassen nahe. Wir wären eigentlich am Schlusspunkt. Gibt es eine ganz dringende Frage, die eine Verspätung rechtfertigen würde?

**F. Busch:** Wie komme ich verlässlich zu meinem Zug um 18.18 Uhr am Hauptbahnhof?

**G.-M. Schucan:** 18.07 Uhr ab Bahnhof Oerlikon.

**F. Busch:** Verlässlich?

**G.-M. Schucan:** Verlässlich! – Damit übergebe ich das Wort wieder an Urs B. Wili und danke Ihnen auf dem Podium und auch Ihnen im Publikum ganz herzlich für Ihre rege Teilnahme.

---

# 7



---

# 7 TAGUNGSABSCHLUSS

# SCHLUSSWORT

*URS B. WILI*

Wenn auch vieles ungesagt geblieben ist, werden wir alle doch Denkanstösse mit nach Hause nehmen. Wir haben heute früh gehört, dass in feudalen Systemen öffentlicher Verkehr vielleicht eher nicht zu Stande kommt. Dennoch sollen jetzt die Referenten zum Dank ein Spiel erhalten, das ihnen Gelegenheit gibt, als Herrscher über die Mobilität auf allen möglichen Strecken Züge fahren zu lassen. Danken möchte ich auch den Sponsoren, die es überhaupt möglich gemacht haben, dieses Symposium zu einem Preis durchzuführen, der noch unter dem Niveau des Halbtax-Abonnements liegt. Dank gebührt im Weiteren all den Helferinnen und Helfern, die im Hintergrund gewirkt haben. Stellvertretend möchte ich nennen: Uwe Kirsch, der unseren IT-Support bewältigt hat und der nicht Schuld war an der Powerpoint-Fehlermeldung, die Herr Handschin in seine Präsentation eingebaut hatte; Edith Ringer, die unsere Gäste in Empfang nahm und mit Tagungsunterlagen und Namensschildern ausrüstete; Fabian Scherler, der das Aufstellen der Rollups auch ohne Anleitung bewältigte; den SV-Service, der uns am Mittag verwöhnte und das interkulturelle Catering-Team von [www.esskulturen.ch](http://www.esskulturen.ch), das uns jetzt den Apéro serviert.

Ich bitte Sie, jetzt da draussen rege davon Gebrauch zu machen sowie von der Gelegenheit, noch weiter Gedanken spinnen zu können.

Vielen Dank fürs Mitmachen – ich wünsche allen einen schönen Abend.



---

Urs B. Wili, Ingenieur  
Furrer+Frey AG, Bern, [ubwili@furrerfrey.ch](mailto:ubwili@furrerfrey.ch)

---

# 8

---

## 8 LISTE DER TEILNEHMENDEN

## 8.1 MITWIRKENDE UND ORGANISATIONSTEAM

Name	Vorname	Organisation, Institution, Firma
Barth	Emanuel	ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Bernhard	Joos	Dienstabteilung Verkehr, Stadt Zürich
Busch	Fritz	Technische Universität München, Lehrstuhl für Verkehrstechnik
Carrasco	Nelson	ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Dorbritz	Robert	ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Elsasser	Kilian T.	Museumsfabrik Luzern
Ernst	Thomas J.	PostLogistics, Härkingen
Fink	Olga	ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Handschin	Matthias	ALSTOM Transport (Schweiz) AG
Hürlimann	Gisela	Universität Zürich, Forschungsstelle für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte (FSW)
Kirsch	Uwe	ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Lademann	Anne	Schubardt-Gymnasium Ulm
Mayntz	Renate	Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung, Köln
Merz	Erika	ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Moll	Stephan	ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Nägeli	Lorenzo	ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Orth	Hermann	ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Ringer	Edith	ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Scherler	Fabian	ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Schöbel	Anita	Georg-August-Universität Göttingen, Institut für Numerische und Angewandte Mathematik
Schranil	Steffen	ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Schucan	Gian-Mattia	Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Personenverkehr
Stohler	Werner	SMA und Partner AG, Zürich
Weidmann	Ulrich A.	ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Wili	Urs B.	Furrer+Frey AG

## 8.2 TEILNEHMERINNEN UND TEILNEHMER

Name	Vorname	Organisation, Institution, Firma
Aemisegger	Philippe	ETH Zürich
Baeriswyl	Vincent J.	ETH Zürich
Bättig	Michel	Hochschule für Technik Rapperswil
Bätzner	Arnd	Universität St.Gallen
Bauer	Julien	B+S AG
Berger	Ernst	Tram-Museum Zürich
Bermane	Michel	Bermane Logistics & Rail
Boldini	Roberto	Universität Zürich
Bollinger	Fred	Baudirektion Kanton Zürich
Bollinger	Harald	ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Brechbühl	Anita	ETH Zürich
Brönnimann	Fritz	B+S AG
Bruckmann	Dirk	ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Burger	Barbara	Tiefbauamt Stadt Zürich
Bütler	Ruedi	Marty+Partner AG
Butz	Bernd	BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH
Bützberger	Alain	SWISSTRAFFIC AG
Cavallasca	Lorenzo	Tiefbauamt Stadt Zürich
Chappuis	Alice	ETH Zürich
Dell Olivo	Patrick	Siemens Schweiz AG
Ducret	Steve	
Düring	Johannes	Hochschule Heilbronn
Egger	Dieter	Rapp Trans AG
Ehrensperger	Kathrin	Universität Zürich
Ellwanger	Gunther	Gesellschaft für Rationale Verkehrspolitik
Elsener	Herbert	Metron Verkehrsplanung AG
Emde	Armin	
Engel	Michael	Siemens Schweiz AG
Ernst	Jacques	
Etter	Jukka	Verkehrsplanung Stadt Bern
Etter	Gabriela	
Fehr	Sandro	Universität Bern
Fessler	Christoph	Schweizerische Bundesbahnen (SBB)
Filimon	Eugene	ETH Zürich
Fleischer	Wolfgang	Amt für Mobilität, Basel-Stadt
Frank	Patrick	ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Graffagnino	Thomas	Schweizerische Bundesbahnen (SBB)
Haefeli	Ueli	Interface Politikstudien Forschung Beratung
Hartmann	Alfred	Thurbo AG
Hefti	Thomas	
Heuberger	Gallus	Thurbo AG
Hinden	Samuel	Amt für Umweltkoordination und Energie des Kantons Bern
Hochreutener	Martin	Thurbo AG
Hofmann	Matthias	Schweizerische Bundesbahnen (SBB)
Hofmann	Simon	Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)
Holderegger	Martin	Schweizerische Bundesbahnen (SBB)
Hömke	Maik	ETH Zürich
Hoppe	Merja	Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)
Horlacher	Franz	Schweizerische Fachstelle Behinderte und öffentlicher Verkehr (BöV)
Horn	Claudia	Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ)
Hug	Peter	Schweizerische Bundesbahnen (SBB)
Jochim	Haldor	Fachhochschule Aachen
Kettner	Simon	Amt für Mobilität
Kirsch	Bernhard	Amt für öffentlichen Verkehr des Kantons Bern
Knecht	Michael	ETH Zürich
Koch	Stephan	
Kokot	Tomislav	ewp AG Effretikon
Kopf	Janocz	ELBAS SCHWEIZ AG
Kröner	Peggy	Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ)
Küchler	Thomas	Schweizerische Südostbahn AG
Kyriakidis	Miltos	ETH Zürich
Labermeier	Helga	Schweizerische Bundesbahnen (SBB)
Langenmayr	Felix	Universität Zürich
Länzlinger	Daniel	ETH Zürich



Name	Vorname	Organisation, Institution, Firma
Leder	Samuel	ETH Zürich
Liechtenhan	Werner	Stadtentwicklung Zürich
Lingwood	Stephen	Amstein + Walthert Progress AG
Manser	Stefan	Metron Bern AG
Marti	Christian	ETH Zürich
Meenen	Moritz	ETH Zürich
Meiner	Hans	Versicherungsverband Schweizerischer Schifffahrtsunternehmen
VVSSU		
Mettler	Rudolf	Pro Swissmetro
Morel	Oliver	Departement Bau, Verkehr und Umwelt Kanton Aargau
Neumeister	Michael	Tiefbauamt Stadt Zürich
Oertli	Susanna	PostAuto Schweiz AG
Oswald	Jenny	Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ)
Papandreou	Christina	S-ce consulting AG
Pingoud	Marc	Rosenthaler+Partner AG
Puffe	Enrico	ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Ramser	Tobias	ETH Zürich
Regli	Alex	AlpTransit Gotthard AG
Richmond	Craig	ETH Zürich
Riedle	Hubert	Schweizerische Bundesbahnen (SBB)
Roschlau	Thomas	
Roth	Christoph	Hochschule für Technik Rapperswil
Röthlisberger	Marc	
Rüede	Frank	Departement Bau, Verkehr und Umwelt Kanton Aargau
Sandmeier	Stefan	Universität Zürich
Schäffeler	Ulrich	BLS Netz AG
Schieffer	Stella	ETH Zürich
Schlup	Markus	Amstein + Walthert Progress AG
Schneeberger	Paul	NZZ
Schröder	Inga	
Schülling	Christoph Maria	
Schweizer	Lorenz	Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion Kanton Bern
Sorg	David	ETH Zürich
Specker	Oliver	Schweizerische Bundesbahnen (SBB)
Steiner	Albert	Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)
Strehlke	Udo Maximilian	SMA und Partner AG
Tangli	Mauritius	Universität Zürich
Vöge	Markus	
Vogel	Karl	Tiefbauamt Stadt Luzern
von Wartburg	Dominic	ETH Zürich
Weichbrodt	Johann	ETH Zürich
Weihs	Erich	Universität Zürich
Werner	Gunnar	Schweizerische Bundesbahnen (SBB)
Wiederkehr	Jasmin	Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ)
Winter	Gabriela	
Winter	Alex	Marty + Partner Ingenieurbüro AG
Zäh	Markus	Bundesamt für Verkehr
Zeh	Eva-Maria	BLS Netz AG
Zeyer	Albert	Universität Zürich
Zimmermann	Jürg	Schweizerische Bundesbahnen (SBB)
Zündorf	Deborah	ETH Zürich